

# **CNC- OPETUSMATERIAALIN LAATUTA- VOITETEOREEMAN TUOTTAMINEN JA TESTAAMINEN**

Isohanni Ari  
Koski Samu  
Käsityökasvatus  
Pro gradu -tutkielma  
Turun yliopisto  
Opettajankoulutuslaitos  
Rauman kampus  
Tammikuu 2018

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck-järjestelmällä.



TURUN YLIOPISTO  
Kasvatustieteiden tiedekunta  
Opettajankoulutuslaitos, Rauman kampus

ISOHANNI, ARI  
KOSKI, SAMU

CNC-opetusmateriaalin laa-  
tutavoiteteoreeman tuotta-  
minen ja testaaminen

Pro gradu -tutkielma, 100s., 12 liites ja e-oppimateriaali  
Käsityökasvatus  
TAMMIKUU 2018

---

Tämän pro gradun tutkimustehtävänä on tuottaa konekohtaisen CNC-metallijyrsimen e-oppimateriaalin laatutavoiteteoreema, suunnitella ja valmistaa sen avulla opiskelijoiden itsenäistä opiskelua tukeva oppimateriaali sekä testata valmista oppimateriaalia käsityön aineenopettajien opiskelijoiden cnc- oppimisjaksossa. E-oppimateriaalin laatutavoitteet johdettiin tutkimuksen tekijöiden aikaisemmin tekemästä kandidaatin-tutkielmasta ja Koehlerin ja Mishran (2008) TPACK- mallin pääkäsitteistä: sisältö, teknologia ja pedagogiikka (STP). Näiden pohjalta määriteltiin e-oppimateriaalin laatutavoitteiden vähimmäisehdot sekä tutkimuskysymykset. Laadullinen tutkimusmenetelmä eteni tutkivan tuottamisotteen mukaisesti. Lisäksi aineistonkerussaa hyödynnettiin määrällisiä menetelmiä. Mixed methodina toteutetun tutkimuksen aineisto kerättiin CNC-oppimisjakson osallistujista (N=29), jotka olivat käsityöaineenopiskelijoita vuosiluokilta 4 ja 5.

Tutkimustulosten perusteella STP-mallin mukaisesti tuotetulle CNC-metallijyrsin opetusmateriaalille asetetut laatutavoitteet saavutettiin. Tavoitteissa mitattiin opetusmateriaalin sisällön kattavuutta, opetusmateriaalin rakenteen toimivuutta sekä opetusmateriaalin toimivuutta eritasoisten opiskelijoiden itsenäisentyöskentelyn tukena. Tutkimustulosten avulla opetusmateriaalin kehittämiseen saatiin uusia ideoita, esimerkiksi sisällön laajuuden osalta. Tutkimuksen tuloksia voidaan soveltaa muihin tietokonepohjaisten työstökoneiden itseohjautuvan opetusmateriaalin suunnitteluun ja toteuttamiseen.

---

Asiasanat: e-oppiminen, e-oppimateriaali, CNC-jyrsin, itseohjautuvuus, TPACK-malli, käsityö

## Sisällys

1	JOHDANTO.....	1
2	MÄÄRITTELYTEOREETTINEN OSA.....	3
2.1	Tutkimuksen kulku .....	3
2.2	Tutkimuskohteen kuvaaminen .....	5
2.2.1	Tutkimuskohteen eksistenssiehtojen kuvaaminen.....	6
2.3	Tietotekniikan opetusmalli STP .....	8
2.3.1	Sisältö.....	12
2.3.2	Pedagogiikka .....	16
2.3.3	Teknologia ja pedagogiikka .....	22
2.4	Laatutavoitekriteerit osa-alueittain .....	28
3	VALMISTUSTEOREETTINEN OSA.....	34
3.1	Opetusmateriaalin suunnittelu .....	34
3.2	Opetusmateriaalin valmistus .....	45
3.2.1	Tuottamiskokonaisuuden tulos .....	49
4	TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	51
5	TODISTAMISTEOREETTINEN OSA.....	52
5.1	Laatutavoiteteoreeman testaus .....	52
5.1.1	Kyselylomakkeen tuottaminen .....	53
5.1.2	Laatutavoitedimensioiden määrittely.....	57
5.1.3	Aineiston keruu ja kohdejoukon kuvaus .....	58
5.1.4	Aineiston analysointi .....	60
5.1.5	Summamuuttujien muodostaminen .....	61
6	TULOKSET .....	62
6.1	Ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen vastaaminen.....	62
6.1.1	Vastauksen yhteenveto.....	66
6.2	Toiseen alatutkimuskysymykseen vastaaminen.....	67
6.2.1	Vastauksen yhteenveto.....	77
6.3	Päätutkimuskysymykseen vastaaminen.....	78
6.3.1	Vastauksen yhteenveto.....	82
7	LUOTETTAVUUSTEOREETTINEN OSA .....	84
7.1	Tutkimuksen luotettavuus .....	84

7.2	Tutkimuksen eettinen tarkastelu.....	88
8	POHDINTA .....	90
8.1	Tutkielman pohdinta .....	90
8.2	Jatkotutkimusehdotuksia .....	92
	LÄHTEET .....	94
	LIITTEET.....	101

## Taulukot

TAULUKKO 1. OPETUSMATERIAALIN LAATUTAVOITEKRITERIEN KONKRETISOINTI .....	35
TAULUKKO 2A. KYSELYLOMAKE KYSYMYSTEN JAOTTELU LAATUTAVOITEKRITEREIHIN .....	55
TAULUKKO 2B. KYSELYLOMAKE KYSYMYSTEN JAOTTELU LAATUTAVOITEKRITEREIHIN .....	56
TAULUKKO 3. LAATUTAVOITTEEN ELI SUMMAMUUTTUAJAN RELIABILITEETTI TAULUKKO .....	61
TAULUKKO 4. OPETUSMATERIAALIN VISUAALISUUS LAATUKRITEERI.....	63
TAULUKKO 5. OPETUSMATERIAALIN ITSEOHJAUTUVUUS LAATUKRITEERI.....	64
TAULUKKO 6. OPETUSMATERIAALIN MOTIVAATION LAATUKRITEERI.....	65
TAULUKKO 7. JYRSINYKSIKÖN PERUSKÄYTÖN OHJEISTAMISEN LAATUKRITEERI .....	68
TAULUKKO 8. JYRSINYKSIKÖN TURVALLISEN KÄYTÖN LAATUKRITEERI .....	69
TAULUKKO 9. MACH3 PERUSKÄYTÖN OHJEISTAMISEN LAATUKRITEERI.....	70
TAULUKKO 10. MACH3 TURVALLISEN KÄYTÖN LAATUKRITEERI.....	71
TAULUKKO 11. BOBCAD PIIRTOTYÖKALUJEN KÄYTÖN OHJEISTAMISEN LAATUKRITEERI .....	72
TAULUKKO 12. BOBCAD TYÖSTÖARVOJEN MÄÄRITTELYN OHJEISTAMISEN LAATUKRITEERI .....	72
TAULUKKO 13. BOBCAD OHJELMAN PERIAATTEIDEN LAATUKRITEERI .....	73
TAULUKKO 14. BOBCAD PERUSKÄYTÖN OHJEISTAMISEN LAATUKRITEERI .....	73
TAULUKKO 15. TUOTESUUNNITTELUN OHJEISTAVA LAATUKRITEERI.....	75
TAULUKKO 16. TUOTESUUNNITTELU: TYÖNSUUNNITTELUUN TARVITTAVAN INFORMAATION LAATUKRITEERI .....	75
TAULUKKO 17. NEGATIIVISIA ARVOJA SAANEIDEN VASTAUSTEN AVOIMET VASTAUKSET .....	81

## Kuviot

KUVIO 1. TUTKIMUKSEN KULKU .....	4
KUVIO 2. STP-MALLIN OSA-ALUEIDEN JAKAUTUMINEN OPETUSMATERIAALIMME TEOREEMASSA.....	11
KUVIO 3. MANUAALISEN- JA NUMERAALISEN OHJAUKSEN EROT KAAVAMAISESTI HAVAINNOLLISTETTUNA.....	12
KUVIO 4. TUTKIVAN TUOTTAMISEN DIDAKTIIKAN MALLI (METSÄRINNE & KALLIO 2017) .....	16

KUVIO 5. OPETUSMATERIAALIN VALIKKORAKENNE.....	44
KUVIO 6. SISÄLLÖN VARMISTUS.....	49
KUVIO 7. TUOTTAMISKOKONAISUUDEN KAAVIO .....	50
KUVIO 8. KOKENEIDEN JA KOKEMATTOMIEN KÄYTTÄJIEN KESKIARVOT LAATUKRITEERITTÄIN .....	78
KUVIO 9. LAATUKRITEERIEN KESKIARVOT .....	79
KUVIO 10. KYSELYN VASTAUSJAKAUMA .....	80

## **Kuvat**

KUVA 1. OPPIMISYMPÄRISTÖN KAAVIO (BRANSFORD, BROWN & COCKING 2000, 22) .....	24
KUVA 2. OPETUSMATERIAALIN POWERPOINT-DIA .....	46





# 1 JOHDANTO

Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää, kuinka pystymme tuottamaan konekohtaisen CNC-metallijyrsimen e-oppimateriaalin laatutavoiteteoreeman, suunnittelemaan ja valmistamaan sen avulla opiskelijoiden itsenäistä työskentelyä tukevan oppimateriaalin sekä testaamaan valmista oppimateriaalia käsityön aineenopettaja opiskelijoiden CNC- oppimisjaksossa. Tutkimus tapahtuu Turun yliopiston opettajankoulutuslaitoksen Rauman kampuksen opiskelijoilla.

CNC- ja NC- teknologia ovat viimein tulleet pysyväksi osaksi peruskoulun käsitöiden opetusta. Kyseisten teknologioiden tuloon on auttanut opetushallituksen (2014) julkaisema peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2014, johon on kirjattu maininta teknologian ja verkkoympäristön monipuolisesta, vastuullisesta sekä turvallisesta käytöstä. Turun yliopiston opettajankoulutuslaitoksen Rauman kampukselle hankittu metallin CNC-jyrsin on oiva esimerkki tulevasta kehityksestä. Tämän kaltaisten teknologisten laitteiden ongelmana on niiden perehtymiseen tarvittavan opetusmateriaalin ja ajan puute.

Yliopistot ovatkin kohdanneet tässä uuden ongelman ja joutuneet muuttamaan toimintatapojaan voimakkaasti. Teknologian myötä opetettavia asioita on vuosi vuodelta enemmän eikä opetuskertojen määrää ole ainakaan lisätty. Tähän ongelmaan yliopistot ovat pyrkinet vastaamaan joustavuudella ja monipuolistamalla opintotarjontaa. Tämä on ollut mahdollista lisäämällä ja hyödyntämällä verkkoympäristöä paremmin.

Tutkimuksen lähtökohdat ovat kandidaatin tutkielmamme (Isohanni & Koski 2015), jossa laatutavoitteena oli tuottaa selkeä ja helppokäyttöinen opetusmateriaali jo olemassa olevien käyttöoppaiden ja koulutusmateriaalin pohjalta. Opetusmateriaalin tulisi tukea CNC-jyrsimen itsenäistä käyttöä ja opettamista opettajaopiskelijoille. Lisäksi laatutavoitteena oli, että oppimateriaalin tulisi ohjata käsityönaineen opiskelija CNC-teknologian pariin. Materiaalin tulisi lisäksi antaa soveltavat taidot CNC- teknologiaan mahdollisimman helposti ja vaivattomasti. Tutkimuksessa valmistimme opetusmateriaalin, joka sisälsi Mach3- ja BobCAD-ohjelmistojen työstöpolkujen ohjeistamisen. Arvioimme materiaalin toimivuutta kyselylomakkeilla ja observoinnilla. Tutkimuksen perusteella opetusmateriaali helpotti opiskelijoita uuteen koneeseen perehtymisessä ja sillä toimimisessa. Tutkimustulokset osoittivat, että opetusmateriaalin rakenne oli toimiva, mutta ohjelma millä materiaali oli toteutettu, oli heikko. Heikon ohjelman lisäksi kuvien selkeys ja niistä saatu informaatio jäivät vajavaisiksi. Tämän lisäksi koneen opetteluun toivottiin lisää informaatioita, selkeämpää termistöä ja toimivampia tapoja esittää tarvittavat tiedot ja taidot koneen käyttämiseen. Näiden tulosten pohjalta lähdimme kehittämään kattavampaa ja toimivampaa opetusmateriaalia.

Uusia koneita tulee opetuskäyttöön koko ajan eikä kontaktiopetuksessa ole aikaa enää muulle kuin käydä kone pintapuolisesti läpi. Opiskelijoiden vastuulle jääkin koneen syvällisempi opettelu ja koneen mahdollisuuksiin tutustuminen omalla ajalla. Koneisiin löytyy paksuja, vieraskielisiä manuaaleja ja käyttöoppaita, mutta nämä jäävät usein käyttäjiltä lukematta niiden haastavuuden takia. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa 2014 (Opetushallitus 2014, 23) mainitaan tieto- ja viestintäteknologian olevan olennainen osa monipuolista oppimisympäristöä. E-oppimateriaali onkin yksi hyvä tapa lähestyä tämän tavoitteen toteuttamista.

## 2 MÄÄRITTELYTEOREETTINEN OSA

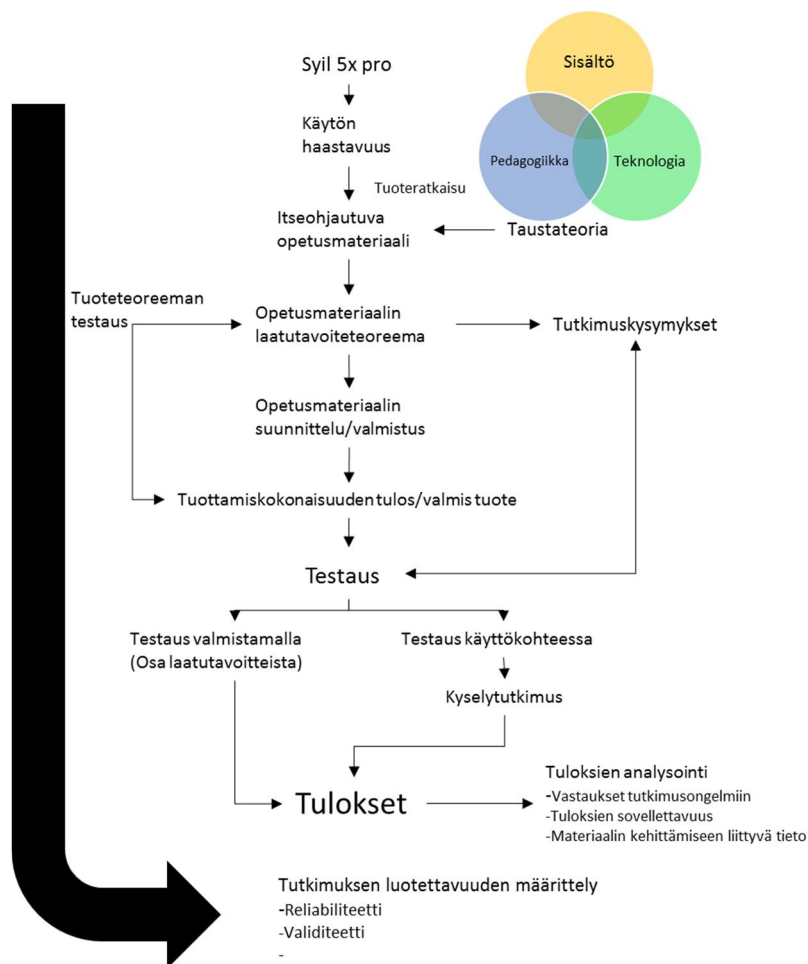
### 2.1 Tutkimuksen kulku

Tässä tutkimuksessa tutkittavana kohteena on suunnittelemamme ja tekemämme opetusmateriaali. Laadullisen tutkimuksen lähestymistapana on tutkiva tuottaminen. Laadimme tuotteellemme tuotekriteerit, joiden pohjalta teemme laatutavoitteen ja testausteorian. Näiden avulla testaamme tuotteelle asettamiimme tavoitteita (Metsärinne & Kallio 2011a, 112.). Tutkiva tuottaminen on jaoteltu kolmeen pääteemaan, jotka ovat määrittelyteoreettinen osa, todistettavuusteoreettinen osa sekä luotettavuusteoreettinen osa.

Määrittelyteoreettisessa osassa kuvailemme tutkivan tuottamisen kohdetta, jonka perusteella tuotteelle määrittyy eksistenssiehto. Eksistenssiehto on tuotteen olemassa olon perusta, josta määräytyvät kaikki tuotteen laatutavoitteet. Taustateorialla laatutavoitteille luodaan teoreettinen perusta. Määrittelyteoreettisessa osassa läpikäydään myös laatutavoitteiden testauksen perusta. (Metsärinne & Kallio 2011b, 36).

Todistettavuusteoreettisen osan tarkoitus on ratkaista määrittelyteoreettisessa osassa määritelty tutkimusongelma. Osio rakentuu tuotteen suunnittelusta tuotteen valmistamisesta sekä tuotteen testaamisesta omassa käyttökohteessaan. Olennaisena osana todistettavuusteoreettisessa osiossa on laatutavoiteteoreeman testaus. Todistettavuusteoreettisessa osiossa on huomioitu, että tuotetta tullaan testaamaan ja arvioimaan laatutavoiteteoreeman vähimmäiskriteerien mukaisesti. Laatutavoitekriteerien testauksen määrittelyn pohjana on varmistaa, että tuotteen testauksessa arvioidaan niitä tavoitteita, jotka ovat aikaisemmin määritelty. Testauksen jälkeen asetettujen laatutavoitteiden arviointi testauksen tuloksilla ei ole oikeutettua tutkimusta tehdessä (Metsärinne & Kallio 2011b, 65)

Luotettavuusteoreettisen osan tehtävänä on arvioida, ovatko tutkimustulokset ja teoriaketjun rakentaminen sekä siihen perustuvat tulokset luotettavia. (Metsärinne & Kallio 2011b, 65).



**Kuvio 1. Tutkimuksen kulku**

Kuviossa 1 on kuvattuna tutkimuksemme kulku. Ongelmana on CNC-jyrsin, joka on todettu haastavaksi käyttää, koska aikaa koneen opetteluun on vaikeaa löytää kiireisen opiskelutahdin lomasta. Koneen oma manuaali on kattava, mutta siitä tarvittavan tiedon hakemien vie kohtuuttoman paljon aikaa. Olemme aikaisemmin kandidaatin-tutkielmassa lähteneet ratkaisemaan ongelmaa tuoteratkaisulla eli opetusmateriaalilla. Kehitämme aikaisemmin tekemäämme opetusmateriaalia niin, että se toimisi opiskelijoiden itsenäisen työskentelyn tukena. Rakennamme opetusmateriaalimme suunnittelun sekä teorian Koehlerin ja Mishran (2008) STP-mallin pohjalta. STP-mallin pohjalta muodostamme eksistenssiehdot, joista johdamme tutkimuskysymykset. Tämän jälkeen suunnittelemme ja valmistamme tuotteen. Sitten testaamme tuotetta valmistamalla sen sekä testaamalla sitä käyttökohteessa. Tuotteen toimivuutta kyselemme KSS6.4 -ryhmän opiskelijoilta kyselylomakkeella. Kyselyiden pohjalta saamme tulokset, jotka analysoimme ja tulkitsemme. Tuloksista näemme, kuinka laatutavoitteemme toteutuvat tai jäävät toteutumatta. Lopuksi tarkastelemme tutkimuksemme luotettavuutta sekä sitä, kuinka tutkimustuloksia pystyy hyödyntämään muissa tutkimuksissa.

## 2.2 Tutkimuskohteen kuvaaminen

Turun yliopiston opettajakoulutuslaitoksen Rauman kampukselta valmistuu käsityön aineenopettajia kaikkialle Suomessa toimiviin peruskouluihin. Käsityön aineopiskelijat saavat laajan koulutuksen erinäisiin perinteisen käsityön menetelmiin ja uuden teknologian sovelluksiin.

Uuden opetussuunnitelman (2014) myötä tietokoneisiin perustuvan teknologian sovellukset tulevat yleistymään peruskoulun oppiaineissa muun muassa käsitöissä. Opetussuunnitelmassa mainitaan, että opettajan tulee ohjata oppilasta tuntemaan käsityön, kädentaitojen ja teknologisen kehityksen merkitys omassa elämässään, yhteiskunnassa, yrittäjyydessä ja muussa työelämässä (Opetushallitus 2014, 431). Käsityön tehtävä on myös tuoda oppilaille uusia teknologioita opeteltavaksi ja kuten Kojonkoski-Rännäli (2014, 50) mainitsee, käsityö on sivistävää työtä. Uusien ja vanhojen teknologioiden vuoksi käsityön aineenopetus on aineen laajuuden takia hyvin haastava oppiaine opettajalle opettaa. Käsityö on monimateriaalinen oppiaine, jossa toteutetaan käsityöilmaisuun, muotoiluun ja teknologiaan perustuvaa toimintaa. (Opetushallitus 2014, 430.)

Opetus vahvistaa ja syventää oppilaiden innovaatio- ja ongelmanratkaisukykyä liittyen käsityön tuotesuunnitteluun, materiaalsiin ratkaisuihin ja käsityömenetelmiin. Käsityöopetus on jaettu kahdeksaan tavoitteeseen. Tavoitteet ovat rinnastettavissa näin ollen käsityön aineopettajan aineen hallinnan vaatimuksiin, mitä heiltä kyseisestä tavoitteesta vaaditaan. Mikäli oppilasta halutaan ohjata tuntemaan teknologisen kehityksen merkitys hänen omassa elämässään, on käsityöaineen opettajan tunnettava ja hallittava kehittyvä teknologia kuten laajasti yleistynyt CNC-teknologia. CNC-teknologia on verrattain uusi käsityön aineopetuksen sisältöalue, jonka vuoksi voidaan pitää erityisen tärkeänä, että käsityön aineenopettajan koulutuksessa annetaan perusteet CNC-teknologian hallitsemiseen.

Käsityöopetuksen laajuuteen liittyvistä haasteista huolimatta Turun yliopiston opettajakoulutuslaitos, Rauman Kampus, pyrkii jatkuvasti kehittämään käsityöainekokonaisuuden sisältöään ja pyrkii vastaamaan opetussuunnitelmien ja muuttuvan yhteiskunnan haasteisiin. Esimerkkinä tästä voidaan ottaa CNC-teknologiaan perustuvan metallijyrsimen hankinta Teknika-rakennuksen metalli-osastolle ja CNC-teknologian sisällyttäminen osaksi käsityön aineenopettajan koulutusta. CNC-teknologia ei sellaisenaan edusta

kovinkaan isoa kokonaisuutta käyttämästämme arkipäivän teknologiasta. CNC-teknologia edustaa arjessa enemmänkin välineellistä teknologiaa, jolla mahdollisesti luodaan osia tai kokonaisuuksia arkipäivän materiaaliseseen maailmaamme. Tämä tarkoittaa, että useiden arjessa käyttamiemme välineiden valmistukseen on käytetty CNC-teknologiaan perustuvia työstökoneita. On hyvinkin perusteltua, että CNC-teknologiaa edustava metallijyrsin muodostaa osan käsityön aineenopettajan metalliteknologian kokonaisuudesta. Ongelmaksi muodostuu CNC-metallijyrsimen käytön opettelu ja hallitseminen, joka on haasteellista sekä aikaa vievää itsenäistä työskentelyä. Haasteellisuuden vuoksi koulumme CNC-metallijyrsimellä on ollut sen monipuolisiin käyttömahdollisuuksiin verrattuna vähän käyttöä ja jyrsimellä on kokonaisuudessaan tuotettu vähän erinäisiä tuotteita.

Tutkivan tuottamisen tutkimuskohde määräytyy usein edellä mainitun tapaisesta ongelmasta, johon pyritään vaikuttamaan materiaalisella ratkaisulla. Tutkivan tuottamisen jäsentäminen ja kuvaaminen voidaan aloittaa laajasti. Kyseessä ei ole aloitusvaiheessa käsityöhön liittyvä tehtävä, sillä ongelmaan pyritään aluksi vaikuttamaan jo olemassa olevin materiaalisin tai immateriaalisin ratkaisuin (Metsärinne & Kallio 2011b). Olemme käsitelleet CNC-metallijyrsimeen liittyvää ongelmaa kandidaatin tutkielmassamme (Isohanni & Koski 2015) ja sen pohjalta huomanneet, että kyseiseen ongelmaan pystyy tehokkaasti vaikuttamaan käyttäjälähtöisen opetusmateriaalin avulla.

### ***2.2.1 Tutkimuskohteen eksistenssiehtojen kuvaaminen***

Eksistenssiehtojen määrittelyllä luomme perusedellytykset tuotteen olemassaololle (Metsärinne & Kallio 2011b, 48). Eksistenssiehtojen määrittelyn edellytyksenä on, että tunnistamme ja tunnemme ongelmat sekä tarpeet, joihin pyrimme tuotteellamme vaikuttamaan. Metsärinteen ja Kallion (2011b, 83) mukaan tutkivan tuottamisen kohteena olevan tuotteen kuvailu voi noudattaa esimerkkilogiikkaa, jossa tuotteen olemassaoloa käsitellään sisäisenä konstruktiona ja kuinka tuote vaikuttaa ympäristöönsä.

Metsärinne ja Virta (2012, 44) huomasivat tutkimuksessaan, että itseohjautuva oppiminen onnistuu korkeakouluissa melko hyvin, mutta oppilaat tarvitsevat enemmän itseopiskelua tukevaa ympäristöä opiskelun tueksi. CNC-metallijyrsimen käyttö on kokemattomalle

opiskelijalle hyvinkin haasteellista ja pyrimme tuottamallamme opetusmateriaalilla helpottamaan jyrsimen itsenäistä käyttöä. Oppimateriaalin perusedellytys on ohjata käsi-työnaineen opiskelija CNC-tekniikan pariin ja mahdollisesti antaa soveltavat taidot kyseiseen teknologiaan. Perusajatuksena on, että soveltavien taitojen saavuttamiseksi opiskelijan ei tarvitsisi käyttää tarpeettoman paljon aikaa käyttöohjeiden ja koulutusoppaiden opiskelemiseen. Opetusmateriaali tarjoaa nopean ja toimintaan keskittyneen tavan opetella CNC-jyrsimen käyttöä ja käytön soveltamista.

Itseohjautuvuus käsittää laajimman opetusmateriaalin eksisistenssiehdon, joten itseohjautuvan oppimisen tunnuspiirteiden tunnistaminen on ensiarvoisen tärkeää. Edmondsonin, Boyerin ja Artisin (2012) mukaan itseohjautuvuus oppimisessa on riippuvaista muun muassa tavoitteista, luovuudesta sekä uteliaisuudesta. Itseohjautuvuus on tärkeä osa opettajaksi opiskelevien opiskelua varsinkin käsitöiden parissa, jossa suurin osa tekniikoiden ja aineenhallinnasta syntyy itsenäisenä työskentelynä (Virta 2006, 46). Itsenäiseen tiedon hankintaan pystytään vain ohjatun oppimisprosessin avulla (Ruohotie 2000, 158). Itseohjautuvuus opiskelussa vaatii oppijalta taitoa tunnistaa, miten oppiminen tapahtuu ja miten uuden oppimista pystyy ohjaamaan. Tämän lisäksi oppijalla tulee olla uskoa omiin oppimisen kykyihinsä ja hallinnan tunne omaan oppimiseen. Itseohjautuvuuteen ohjaaminen ei ole helppoa. Opettajan tai kouluttajan, joka ohjaa itseohjautuvaa oppijaa, on ajoittain tuettava oppijan itseluottamusta. Itseluottamuksen ohella oppijaa on tuettava itsenäisessä päätöksenteossa ja ongelmanratkaisutaidoissa. Suunniteltaessa opetusmateriaalia itseohjautuvalle oppilaalle on tehtävien rakentamisessa otettava huomioon oppilaan taitotaso. (Ruohotie 2000, 177—180; Toivola, Peura & Humaloja 2017, 46—47, 130—131.)

Opetusmateriaalin itseohjautuvuuden perusedellytys kytkeytyy vahvasti myös opetusmateriaalin muihin kriittisiin edellytyksiin. Itseohjautuva opetusmateriaali tarvitsee toimiakseen vahvan ja käyttäjälle suotuisan toteutuksen sekä kaiken tarvittavan oppisisällön.

Asetimme näin ollen opetusmateriaalille seuraavat tuotteen eksisistenssiehdot, johon kaikki opetusmateriaalin suunnittelu ja tuottaminen perustuu. Opetusmateriaali ei vaatisi aikeisempaa kokemusta CNC-koneiden käytöstä. Jotta opetusmateriaali pystyisi tukemaan itsenäistä työskentelyä, pitää opetusmateriaalin olla itsessään itseohjautuva. Opetusmateriaalin toteutuksen ja rakenteen pitää tukea opiskelijan itsenäistä työskentelyä. Toteutuksessa ja rakenteessa pitää näin ollen huomioida, että käyttäjän on helppo käyttää ja tulkita opetusmateriaalia. Opetusmateriaalin sisältö tulee rakentua siten, että se tukee itseohjautuvuutta. Sisällön tulee myös olla sellainen, että käyttäjä saa sisällön perusteella haltuunsa kaiken tarvittavan tiedon, mitä vaaditaan Syil x5 Pro:n CNC-metallijyrsimen käyttämiseen.

Tuotteen eksistenssiehdot antavat tuotteelle olemassaolon oikeutuksen ja koko pro gradu -tutkielmamme tarkoitus on tuottaa opetusmateriaali täyttämään tuotteen olemassaolon tarkoitus. Olemme käyttäneen tuotteen eksistenssiehtoja tämän vuoksi koko tutkielmamme olemassaolonehtona ja johtaneet tutkimuskysymykset eksistenssiehdoista.

Eksistenssiehdot ovat johdettu tutkimuksemme teoriataustasta, joka jakautuu Kohlerin ja Mishran (2008) määrittämiin kolmeen aihealueeseen: sisältöön, pedagogiikkaan sekä teknologiaan. Eksistenssiehdot jäsentyvät STP-malliin. Pyrimme tuottamaan tarvittavan tietosisällön jyrkimmästä sisällön (S) osa-alueeseen. Helppokäyttöisyys ja selkeys rakentuvat sisällön jakamisesta sisällön ja pedagogiikan (SP) sekä teknologian ja sisällön (TS) osa-alueeseen. Helppo käyttöisyys ja selkeys tarkoittaa myös sisällön esittämistapaa, joka kuuluu teknologian ja pedagogiikan (TP) osa-alueeseen. Kaikki (STP) osa-alueet muodostavat yhdessä itseohjautuvan oppimisen eksistenssiehdon.

## 2.3 Tietotekniikan opetusmalli STP

Koehler ja Mishra (2008, 12—13) ovat luoneet tietotekniikan opetuskäyttöä tukevan mallin joka koostuu kolmesta osa-alueesta. Mallissa käy ilmi minkälaisia yhteyksiä oppimateriaalin sisältö-, pedagogiikka- ja teknologiatiedoilla on toisiinsa nähden tieto- ja viestintäteknologian opetuskäytön kontekstissa. Mallien jäsentely tarkkoihin asiasisältöihin voi olla haastavaa, sillä riippuen kontekstista, missä asia ilmenee, asia saattaa näyttäytyä uutena sisältöalueena ja siihen saattaa liittyä muita sisältöalueita. Sisältö on sisältöä, mutta kun opetat sisältöä, siihen liittyy automaattisesti pedagogiikkaa (Janssen & Lazonder, 2016).

**Sisältö (S)** Tietosisältö pitää sisällään tiedon opetusaiheesta, mitä tullaan opettamaan. Opettajalle tämä alue on tärkeä, sillä hänen täytyy osata aiheen sisällöt, teoriat, selitykset ja käytännöt. On tärkeää, että opettajalla on syvällisempi ymmärrys aiheesta, mitä hän opettaa ja opettajalla tulisi olla tuntemus eri oppiaineiden erityisominaisuuksista. Opettajan huono sisällöntuntemus voi johtaa virheelliseen opetukseen, jossa oppilaat sisäistävät informaation väärin ja luovat vääriä yhteyksiä asioiden välille. (Koehler & Mishra 2008, 13—14.)



Sisällön osa-alue käsittää opetusmateriaalin kohteena olevan Syil x5 Pro-jyrsimen sekä siihen liittyvät ohjelmistot Mach3- sekä BobCAD- piirto-ohjelma. Tuotesuunnittelu on sisällytetty sisällön osa-alueeseen, sillä ilman tuotesuunnittelun tietotaitoa tai tuotesuunnitteluun vaikuttavien ominaisuuksien tunnistamista sisältö jää jyrsinkokonaisuuden kannalta vajaavaiseksi. Ilman tuotesuunnittelua sisältö rajoittuisi vain tekniseen sisältötietoon ilman mitään ohjeistusta teknisen tiedon soveltamisesta tuotteiden tuottamiseen.

**Pedagogiikka (P)** Pedagogiikkasisältö on syvällistä tietoa siitä, kuinka opetetaan ja opitaan sekä niihin liittyvistä prosesseista, metodeista ja tavoista. Tämän lisäksi on hyvä olla ymmärrys siitä, kuinka nuo asiat toimivat yhdessä ja kuinka niitä voidaan yhdistellä, jotta päästään haluttuihin oppimistuloksiin. Ymmärrys oppilaiden oppimisesta, luokanhallinnasta, tuntisuunnitelmista ja oppilaiden arvionnista ovat tärkeitä osia tässä kokonaisuudessa. Pedagogisen osaamisen avulla opettaja pystyy valitsemaan jokaiselle luokalle sille sopivat tekniikat ja metodit opetukseen. Syvällisellä pedagogiikan tuntemuksella opettaja pystyy ymmärtämään, kuinka oppilaat rakentavat opetettavista asioista aihekokonaisuuksia ja kuinka oppilaat oppivat uusia tietoja ja taitoja. (Koehler & Mishra 2008, 14.)

Pedagogiikan osa-alue rakentuu pedagogiikan teoreettisista malleista oppimisen, itseohjautuvuuden sekä oppimisen motivaation teoriasta. Näitä teorioita olemme hyödyntäneet opetusmateriaalimme pedagogisen teoriapohjan luomiseen.

**Teknologia (T)** Teknologian tuntemus on ymmärrystä käytössä olevista teknologisista apuvälineistä sekä perustekniikoiden hallinnasta. Tämän päivän teknologian osalta internetin käyttö ja digitaalisen videon käyttö osana opetusta voidaan nähdä teknologian tuntemuksena. Opettajan tulee hallita laitteita kohtuullisesti, jotta niiden yhdistäminen ja hyödyntäminen opetuksessa onnistuu mutkattomasti. Se tuokin opettajalle lisätyötä, kun hän yrittää pysyä teknologian kehityksen mukana. (Koehler & Mishra 2008, 5—7,15.)

Teknologia eli opetusmateriaalimme kannalta tietotekniikka on se väline, jota käytetään opetusmateriaalin esittämismuotona. Tietotekniikka mahdollistaa myös opetusmateriaalin tuottamisen. On hiukan kiistanalaista, kuuluisiko teknologia-osa-alueen alle myös CNC-teknologia, joka on mainittu sisältö osa-alueessa. STP-mallin teknologia-osa-alue käsittää ne teknologiset sovellukset, joita tarvitaan pedagogiikan ja sisällön esittämiseen, tuottamiseen ja käyttämiseen. CNC-teknologiaa sen sijaan tarkastellaan opetusmateriaalissa pelkästään asiasisällön kannalta.

**Teknologia ja sisältö (TS)** Teknologia mahdollistaa paljon uusia lähestymistapoja sisällön esitykseen esimerkiksi simulaatioiden avulla. Toisaalta opetettava sisältö voi

myös rajoittaa teknologian käyttöä opetustilanteissa. Tässäkin opettajalla on suuri vastuu siitä, kuinka hyvin hän hallitsee molemmat osa-alueet. Opettajan hallitessa osa-alueet hyvin, hän pystyy valitsemaan laajasta tekniikan valikoimasta sopivimman teknologian ja tekniikan tietyn sisällön esittämiseen. (Koehler & Mishra 2008, 15—16.)

Teknologia ja sisältö yhdistää sisällön teknologiaan eli sisältö tuotetaan opetusmateriaalin teknologiseen sovellukseen. Käytännössä tämä merkitsee työvaihetta, jolloin sisältö muutetaan tietotekniikan sovelluksen vaatimaan muotoon eli sisältö ja kaikki siihen sisältyvä informaatio muutetaan sähköiseen muotoon.

**Teknologia ja pedagogiikka (TP)** Teknologian ja pedagogiikan hahmottamisessa on kyse ymmärryksestä, kuinka opetus ja oppiminen muuttuu, kun mukaan otetaan teknologiaa. Opettajan tulee ymmärtää, kuinka teknologia vaikuttaa yleisesti hyväksyttyihin pedagogisiin käytäntöihin ja teorioihin. Joitakin rajoituksia saattaa tulla eteen, mutta yleisesti ottaen teknologia tuo pedagogiikkaan joustavuuden lisäksi mahdollisuuksia. (Koehler & Mishra 2008, 16—17.)

Opetusmateriaalimme esittämismuoto sekä tuottamismuoto tulee olemaan tietotekniikkaa soveltavaa. Tuomme myöhemmissä luvuissa esille lähteitä ja teoriaa, joihin opetusmateriaalimme TP-osa-alue tulee perustumaan. Tämä koskee erityisesti osioita e-oppiminen, e-opetusmateriaalia ja tietokone opetuskäytössä .

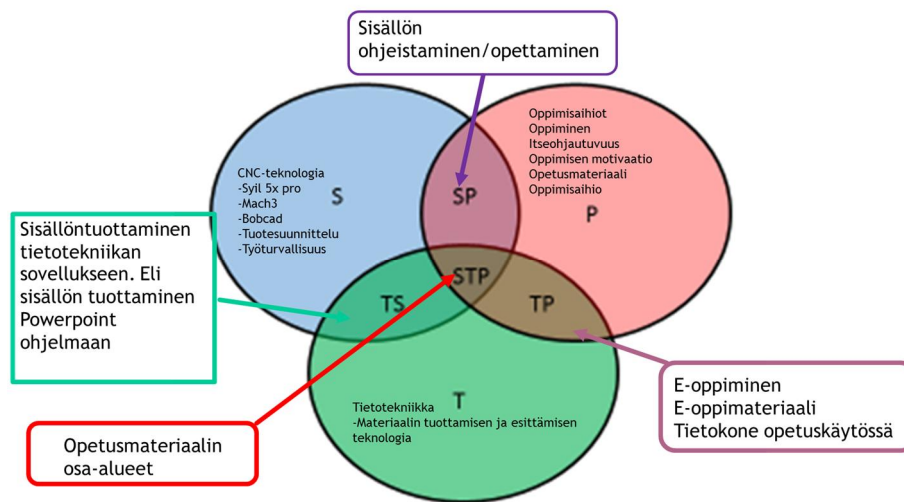
**Sisältö ja pedagogiikka (SP)** Sisältö ja pedagogiikka pitävät sisällään niin sanotun tietosisällön, jonka avulla ymmärretään, kuinka opetettavaa asiaa tulee käsitellä ja opettaa. Pedagogisten taitojen ja ongelmanratkaisun avulla pystytään saavuttamaan haluttu oppimistulos eri strategioita hyödyntäen ja samalla yhdistelemään toisia oppiaineita opetukseen. (Koehler & Mishra 2008, 14.)

SP-osa-alue käsittää sisällön ohjeistamisen pedagogisin menetelmin. Tämä tarkoittaa sisällön opettamisen teoriaa, jossa sisältö on integroitu opettamismalliin. SP-osa-alue käsittää opetusmateriaalissamme sen, että tuomme sisällön ja käytännön läheisemmäksi sekä selkeämmäksi jyrsimen kokemattomalle käyttäjälle.

**Sisältö, Teknologia ja Pedagogiikka (STP)** Tämä pitää sisällään kaikki kolme osa- aluetta ja näiden osa-alueiden hallinnan avulla opetuksesta pystytään saamaan syvälinen ja taitava teknologia-avusteinen opetuskokonaisuus. Opetus teknologian avulla on vaikeaa, mutta näitä osa-alueita työstämällä opetuksesta voi saada hyvän kokonaisuuden, jota pystyy muokkaamaan eri tilanteita varten. Hyvän opetuksen saavuttamiseksi näiden

kolmen osa-alueen yhteen liittäminen vaatii jatkuvaa harjoittelua ja suunnittelua sekä ylläpitoa. (Koehler & Mishra 2008, 17—20.)

Opetusmateriaalimme on kokonaisuudessaan niin monisyinen, ettei sen sisältämää informaatiota voida jakaa STP-mallin mukaan eri osa-alueisiin, mutta opetusmateriaaliin vaikuttavat teoriat pystytään jakamaan kyseisen mallin mukaisesti kuten tässä kappaleessa on läpikäyty.



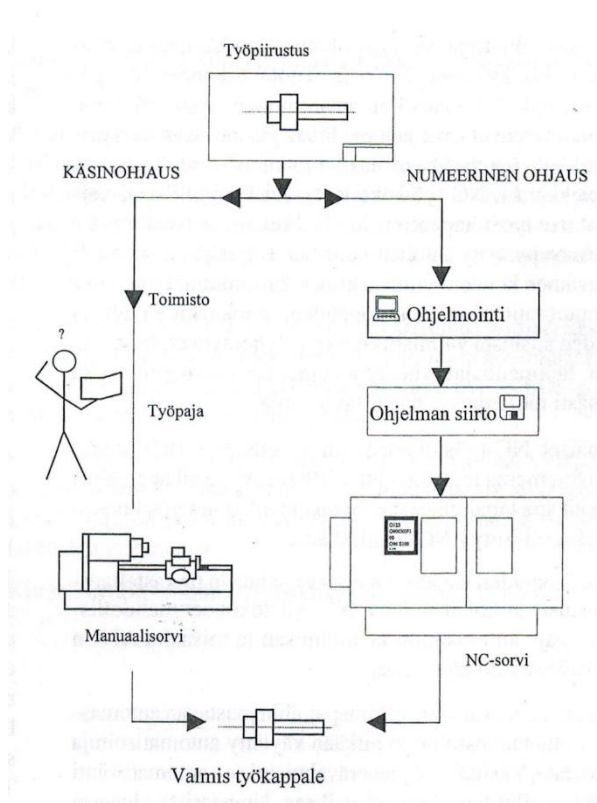
**Kuvio 2. STP-mallin osa-alueiden jakautuminen opetusmateriaalimme teoreemassa**

Kuviossa 2 havainnollistamme taustateorian jakautumisen STP-mallin mukaan. Seuraavissa luvuissa olemme käsitelleet STP-mallin teoriasisällöt. Teoriasisältöön kuuluu sisällön (S) osa-alue, joka käsittää puhtaasti Syil x5 Pro:n tietosisällöt, tuotesuunnittelun ja työturvallisuuden. Pedagogiikka (P) käsittää pedagogisen taustateorian, mikä liittyy oppimiseen, motivaatioon ja opetusmateriaalin tuottamiseen. Teknologia (T) esittää tässä teoriassa pelkästään käyttöliittymää, jolla opetusmateriaalin sisältö ja pedagoginen teoria tullaan esittämään. Tästä johtuen hyödynnämme taustateoriassa teknonologian ja pedagogiikan (TP) osa-aluetta, joka käsittää sen teorian, mitä tarvitaan teknologian soveltamiseen pedagogiikassa esimerkiksi osa-alueella e-oppiminen ja e-oppimateriaali.

### 2.3.1 Sisältö

#### ***CNC-jyrsimen ominaisuudet ja toiminta***

CNC on lyhenne englannin kielisistä sanoista Computerized Numerical Control, joka tarkoittaa muistilla varustettua numeraalista ohjausta (Vesämäki 2002, 150). Numeraalisesti ohjatut ja manuaalisesti ohjatut työstökoneet eroavat toisistaan tuotteen työstövaiheen aikana (Kuvio 3). Manuaalisessa työstökoneessa koneenkäyttäjä suorittaa työstökoneen kaikkien liikkeiden ja toimintojen ohjauksen, jotta halutusta tuotteesta saadaan työpiirroksen mukainen kappale. Numeraalisesti ohjatun työstökoneen toiminnot tapahtuvat automaattisesti ja niiden ohjauksesta huolehtii työstettävän kappaleen mukaisesti ohjelmoitu keskusyksikkö. Liikkeet ja toiminnot, joita vaaditaan tuotteen valmistukseen, kuvataan koodien, kirjaimien ja numeroiden avulla, jotka tehdään työpiirroksen mukaan. (Vesämäki 2002, 8; Pikkarainen 1999, 8—9.)



**Kuvio 3. Manuaalisen- ja numeraalisen ohjauksen erot kaavamaisesti havainnollistettuna.**

Syil x5 Pro CNC-jyrsinkokonaisuus koostuu työstökoneesta ja keskusyksiköstä. Työstökone käsittää pystykaraisen jyrsimen, sivusuunnissa liikkuvan työstöpöydän, leikkuunesteyksikön ja työstöyksikön koteloinnin, joka toimii turvalaitteena lastuavassa työstössä. Keskusyksikkö on kyseisessä mallissa kiinteänä osana työstöyksikköä. Keskusyksikkö käsittää piirto-ohjelman BodCAD:in ja työstöohjelman Mach3:n.

### **Työstöyksikkö**

Turun yliopiston opettajakoulutuslaitoksen Rauman kampuksella on käytössään Syil x5 Pro vertical milling- merkinen koulutus- ja opetuskäyttöön tarkoitettu kolmiakselinen pystykarainen metallijyrsin. Pystykaraisella koneella yleensä pöytä suorittaa X- ja Y-liikkeit eli sivuttaissuuntaiset liikkeet ja karalaatikko, johon terä kiinnitetään, suorittaa Z-liikkeit eli pystysuuntaiset liikkeet. Karaa käyttää sähkömoottori, jonka nopeutta voidaan säätää portaattomasti. (Vesämäki 2002, 14.) Jyrsimeen kiinnitettävän teränhalkaisija ja terän materiaali riippuu siitä, millainen kappale halutaan työstää ja mitä materiaalia työstettävä kappale on. Jyrsimeen on käytettävä ainoastaan metallin jyrsintään soveltuvia jyrsinteriä. Työstettävä materiaali kiinnitetään liikkuvaan työstöpöytään kierretangoilla, muttereilla ja hammaskiiloilla. Tällä varmistetaan, ettei työstettävä materiaali pääse liikkumaan työstötaphtuman aikana. Materiaalin liikkuminen voisi aiheuttaa merkittävän työturvallisuusriskin ja koneen hajoamisen. (Syil-katalogi, 2016.)

Leikkuunesteyksikön tarkoitus on puhdistaa, viilentää ja voidella työstötaphtuman jyrsintää, ettei kitkasta syntyvä kuumuus vaurioita jyrsinterää ja CNC-konetta. Yksikkö käsittää leikkuunestesäiliön, imupumpun, letkujärjestelmän ja suuttimet. On varmistettava, että leikkuunestesäiliössä on riittävästi leikkuunestettä. Leikkuuneste on CNC-koneisiin käytettävää leikkuuöljyä, joka on sekoitettu tavalliseen hanaveteen neljän prosentin sekoitussuhteella. Leikkuuneste kiertää säiliöltä imupumpun ja letkujärjestelmän kautta suuttimiin, jotka ovat kohdistettu mahdollisimman lähelle jyrsinterän työstötaphtumaa. Leikkuuneste viilentää, voitelee ja puhdistaa jyrsintä leikkuun aikana, jonka jälkeen leikkuuneste palaa leikkuunestesäiliöön koteloinnin ohjaamana. Ennen säiliötä on metallinen siivilä, joka suodattaa leikkuunesteestä metallijyrsinnästä syntyneet metallilastut.

Työstöyksikön kotelointi on metallinen kotelo, jonka sisälle CNC-jyrsin on rakennettu. Koteloinnin tarkoituksena on toimia suojalaitteena käyttäjälle sekä kontrolloida työstöä, jotta leikkuuneste ja työstössä irtoavat lastut kulkeutuvat hallitusti suodattimeen ja säiliöön. Kotelointi suojaa myös CNC-konetta, etteivät herkätkä elektroniset osat ja järjestelmä joudu kosketukseen veden kanssa. Kotelointiin on myös asennettu hätä-seis-kytkimiä, jotka aktivoituvat, jos koteloinnin luukkuja avataan työstön aikana.

## **Keskusyksikön ohjelmat**

BobCAD on CAD- pohjainen piirto-ohjelma. CAD on lyhenne englannin kielisistä sanoista Computer Aided Design, joka tarkoittaa tietokoneavusteista suunnittelua. BobCAD:lla valmistetaan valmistettavasta tuotteesta työpiirustus, joka muutetaan ohjelman avulla G-koodiksi. G-koodilla tarkoitetaan ohjelmistoa, joka mukaan CNC-kone toteuttaa liike- ja työstökäskyt (Vesämäki 2002, 43). BobCAD:lle voidaan myös ladata piirustuksia, jotka on piirretty muilla piirto-ohjelmilla esimerkiksi Vertex, VCarve ja Corel. Muilla piirto-ohjelmilla kuin BobCAD:illä tehdyt työpiirrokset on tallennettava DXF- tai CAD-muotoon, jotta ne pystytään avaamaan BobCAD-ohjelmalla.

Mach3 on työstöohjelma, johon ladataan BobCAD:llä piirretyn tuotteen G-koodi. Työstöohjelma lukee koodin ja ohjelmoi CNC-koneen eli jyrsimen suorittamaan koodille kirjoitetut liike- ja työstökäskyt. Työstöohjelmalla myös kalibroidaan CNC-kone työstettävään materiaaliin sopivaksi. Ohjelmalla voidaan myös muuttaa G-koodissa ohjelmoituja käskyjä, esimerkiksi syöttönopeutta ja terän kierroslukua työstön aikana.

## **Työturvallisuus**

Opetusmateriaalia tehdessä ei voi unohtaa työturvallisuutta, varsinkin kun opetuskohteenä on käsityöluokassa oleva laite. Perusopetuslaissa (628/1998), pelastuslaissa(379/2011) sekä työturvallisuuslaissa (738/2002) on huomioitu oppimisympäristön turvallisuus. Näiden lisäksi opetussuunnitelmassa on huomioitu koulussa tapahtuva työturvallisuuskasvatus. Toimintatavat ja olosuhteet ovat merkittävä osa työturvallisuutta. Työturvallisuus onkin olennainen osa käsityökasvatuksen arvoperustaa. Työturvallisuus asenteita pystytään parantamaan lisäämällä tietoisuutta työstökoneista (Gummesson, 2016). Laitteen vaarojen tunnistaminen ja tiedostaminen antaa oppilaille ja opettajalle mahdollisuuden kehittää oppimisympäristöä turvallisempaan suuntaan, kun riskit ovat tiedostettuja ja näin ollen paremmin hallittavissa. (Inki,Lindfors& Sohlo 2011, 7—9.) Kuten Kallio (2014, 22) toteaa väitöskirjassaan: jokaisen työyhteisössä on tiedettävä toimintaan liittyvistä riskeistä sekä vaaroista ja keinoista niiden välttämiseksi. Työpaikan turvallisuutta koskevat määräykset ovat valtioneuvoston asetuksia, jotka käsittelevät työvälineiden turvallista käyttöä (400/2008) sekä koneiden turvallisuutta (403/2008). Tästä syystä koemme opetusmateriaalissa tärkeänä käsitellä laitteen oikeaoppista käyttöä, joka edesauttaa laitteen turvallista käyttöä.

CNC-jyrsin on mahdollista ottaa käyttöön jo ala-asteella, mikä kertoo koneen turvallisuudesta. CNC-jyrsin onkin melko turvallinen laite käyttäjälle. Opetusmateriaalin

työturvallisuusnäkökulma painottuu koneen oikeaoppisen ja turvallisen käytön hallitsemiseen, jolla ehkäistään koneen rikkoutuminen.

### ***Tuotesuunnittelu***

Syil x5 Pro -metallijyrsimen käyttö Rauman opettajakoulutuslaitoksella on jäänyt vähäiseksi. Tämä johtuu siitä, että jyrsimen käyttö on koettu haastavaksi. Lisäksi opiskelijoilla ei ole tietotaitoa jyrsimellä tuottamisen mahdollisuuksista. Tästä on nähtävissä, että mikäli emme tiedä jonkin laitteen tai työstökoneen mahdollisuuksista, ei meillä ole motivaatiota laitteen tai työstökoneen käytön opettelemiseen. Tämän johdosta käsittelemme metallijyrsintä myös sen tuottamisen mahdollisuuksien näkökulmasta. Tuotesuunnittelussa emme pyri keksimään tuotetta työstökoneelle, vaan pyrimme keksimään, miten työstökoneita voisi käyttää tuotteen tekemiseen. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää valita oikeat tekniikat ja menetelmät tuotteen työstöön. Oppija saa toiminnastaan aina uuden kokemuksen, joka kehittää hänen toimintaansa laitteella myöhemmin toimiessaan. Oppimistehtävän avoimuutta säätelemällä opettaja laittaa oppilaan kohtaamaan eritasoisia haasteita laitteen parissa. (Metsärinne & Kallio 2017.) Pyrimme siis ennemminkin avaamaan opetusmateriaalissa käyttäjälle työstökoneen mahdollisuudet, jotta käyttäjä voisi hyödyntää opetusmateriaalin sisältöä omaan tuotesuunniteluun ja tuotteiden työstämiseen. Näin pyrimme ohjaamaan opiskelijoita metallijyrsimen kokonaisvaltaiseen hallintaan, jolloin he uskaltavat käyttää työstömenetelmää haluamiinsa tuotteisiin.

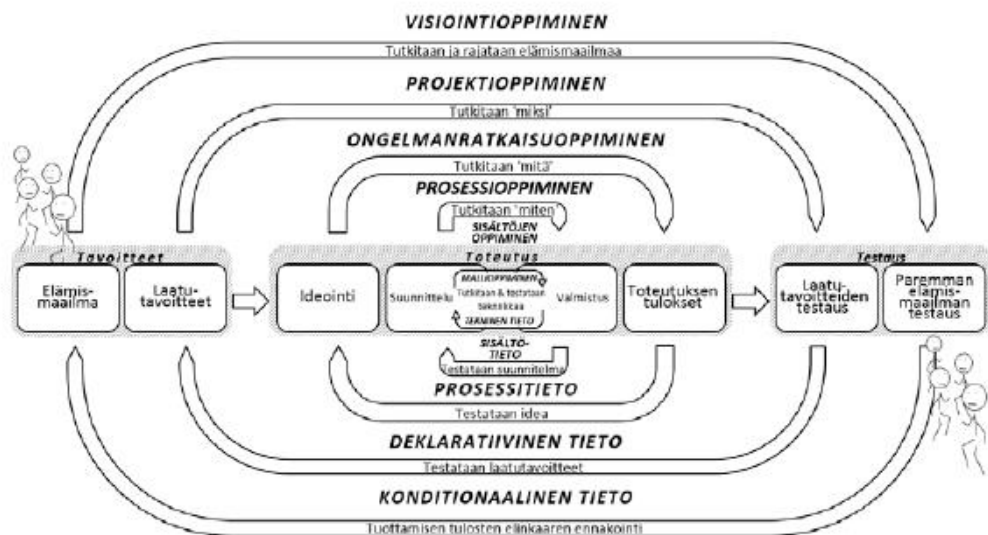
Tuotesuunnittelun opettamista voidaan yleisesti ottaen pitää hyvinkin haastavana, koska opettajakaan ei välttämättä kykene tuottamaan ratkaisuja tuoteongelmalle. Usein oppilaalla on mielessään tavoiteltu päämäärä, muttei keinoja päämäärän saavuttamiseksi. Tuotesuunnitteluprosessi sisältääkin usein tuoteongelman analysointivaiheen sekä ratkaisujen ideointivaiheen. Kun tuoteongelma on muotoutunut, pyritään siihen löytämään ratkaisuja. Tuoteongelmaan suunnittelija tarvitsee kompetenssia eri työstömenetelmistä, teknologioista ja tavoista, joita tuoteratkaisun valmistaminen vaatii (Punomo 2017). Pyrimme tuotesuunnittelun näkökulmasta tarjoamaan opetusmateriaalin käyttäjälle ratkaisuvaihtoehtoja CNC-teknologiasta esimerkkiteiden ja esimerkkiharjoitteiden avulla.

Aioimme hyödyntää opetusmateriaalin tuotesuunnittelun ohjeistamisessa prosessioppimisen- sekä mallioppimisteoriaa. Teknologian ja tekniikoiden opettamiseen voimme tuotesuunnittelunkin kannalta hyödyntää prosessioppimisen ja mallioppimisen periaatteita. Kyseisiä oppimisteorioita tulemme hyödyntämään opetusmateriaalin suunnittelussa ja niitä käydään tarkemmin läpi seuraavassa luvussa.

### 2.3.2 Pedagogiikka

#### Käsityökasvatuksen oppimisteorioita

Prosessioppimisteoria pitää sisällään meille hyödyllisiä näkökulmia, joissa voidaan rajatun tehtävänannon avulla saada oppijalle heijastevaikutuksena tuotesuunnittelun eväitä. Usein prosessioppimisessa ennalta määrätään laadullisen tuottamisen ehdot, mutta oppija voi asettaa tuottamiseen liittyen henkilökohtaisia tavoitteita. Prosessioppimisessa tiedon ohjeistaja ohjaa oppijaa sisältöön ja prosessiin liittyvän teknologisen tietotaidon tutkimiseen ja omaksumiseen. Prosessioppimisella on selkeät tavoitteet ja ne määräytyvät teknologian, tekniikoiden ja materiaalin myötä. Ennalta määrätystä tehtävästä huolimatta oppija joutuu kuitenkin pohtimaan suunnittelu- ja tuottamisprosessin aikana vastaan tulleita haasteita ja kysymyksiä. (Metsärinne & Kallio 2017.). Mallioppimisella tarkoitetaan enemmän teknologisen tietotaidon omaksumista ja opetuksen tarkoituksena voidaan pitää teknologiaan ja tekniikkoihin perehtymistä. Mallioppimisessa oppiminen tapahtuu tuotteen tuottamisen tai ennalta määrätyn suunnitelman toteuttamisen kautta (Metsärinne & Kallio 2017). Tästä johtuen oppija tutustuu teknologian ja tekniikoiden mahdollisuuksiin, joita oppija pystyy hyödyntämään omissa tuotesuunnittelun ja tuoteongelmien ratkaisuissa.



Kuvio 4. Tutkivan tuottamisen didaktiikan malli (Metsärinne & Kallio 2017)



Kuviossa 4 on kuvattuna tutkivan tuottamisen didaktiikan malli, joka pitää sisällään prosessioppimisen ja mallioppimisen (Metsärinne & Kallio 2017). Tutkivan tuottamisen didaktiikan kaaviossa nähdään selkeästi, kuinka sisältöjen oppiminen tuotetaan prosessioppimisen ja mallioppimisen avulla. Samaa didaktiikkaa noudattaa myös opetusmateriaalimme. Näiden teorioiden pohjalta onkin syytä ottaa huomioon, kuinka materiaalin suunnittelussa tulisi ottaa huomioon oppimisympäristön, itseohjautuvuuden, motivaation ja oppimisen vaikutukset.

## **Oppiminen**

Metalli- CNC-jyrsimelle tuotetun opetusmateriaalin tarkoitus on ohjeistaa ja opettaa käyttäjälle jyrsimen käytön vaatimat tiedot ja taidot. Opetusmateriaalissa käsitellään näiden tietojen ja taitojen opettamista. Materiaalissa on mielestämme tarpeellista käsitellä oppimiseen liittyvää teoriaa ja käsitteitä. Meidän on tunnistettava oppimisprosessiin vaikuttavat tekijät ennen kuin pystymme luomaan oppimistapahtuman. Asiaa voi verrata siihen, että hitsarin on tunnettava hitsaukseen liittyvä kemiallinen ja fysikaalinen tapahtuma ennen kuin hän kykenee hitsaamaan tasalaatuista hitsausaamaa. Hitsaaminen onnistuu ilman tietoa ja teoriaa hitsaustapahtumasta, mutta jälki voi olla yllätys tekijälle.

Muistamista ja oppimista voidaan kuvailla siten, että ne ovat saman kolikon kaksi eri puolta. Uuden oppiminen muokkaa muistirakenteita siten, että oppija muistaa oppimansa. Oppiminen on kuitenkin altistumisen ja kiinnostumisen yhteistulos, jossa oppijan on koettava uusi tieto tarpeelliseksi, jotta hänellä on motivaatiota uuden oppimisen muistamiseen (Järvilehto 2014, 18).

Oppimisen olennaisin piirre on vuorovaikutus. Yleensä oppiminen käsitetäänkin tilanteiksi, jossa opettajan aktiivista toimintaa sanotaan opettamiseksi ja oppilaan toimintaa oppimiseksi. Kaikki vuorovaikutustilanteet eivät kuitenkaan ole oppimista tai opettamista. (Uusikylä & Atjonen 2005, 20—21). Oppimista voi kuitenkin tapahtua ilman vuorovaikutusta. Tällöin puhutaan välillisestä vuorovaikutuksesta esimerkiksi tietokoneiden tai kirjojen avulla.

On ensiarvoisen tärkeää ymmärtää oppimis- ja opiskelu käsitteiden ero. Oppimista tapahtuu jokapäiväisessä arjessa kaikessa ihmisen toiminnassa. Opiskelu on intentionaalista ja päämäärätavoitteista toimintaa (Uusikylä & Atjonen 2005, 20—21). Robert M. G. Gagne laati vuonna 1965 teorian, jossa oppimista käsiteltiin kognitiivisten taitojen osalta tasomaisena oppimisena. Se edellytti aikaisemman tason hallitsemista ennen siirtymistä

seuraavaan taitotasoon. Esimerkiksi oppijan on ensiksi hallittava ”periaatteiden oppiminen” ennen siirtymistä ongelmanratkaisuun (Uusikylä & Atjonen 2005, 23).

Oppimiselle on määritelty paljon eri tyyppisiä kriteereitä, joita tutkijat soveltavat omissa tutkimuksissaan monipuolisesti. Useissa tutkimuksissa nousee esiin David Jonassenin (1995) määrittelemät viisi mielekkään oppimisen kriteeriä, jotka ovat aktiivisuus, konstruktivisuus, intentionaalisuus, autenttisuus sekä yhteistoiminnallisuus. (Jonassen, Peck & Wilson 1999, 8—11; Jonassen 1995, 60—63). Nevgi, Lindblom-Ylänne ja Kurhila (2002, 412) käsittelevät teoksessaan eri tutkimuksia, joissa verkko-oppimista edistävät tekijät olivat määritelty käyttäen pohjana Jonassenin (1995) määrittelemiä kriteereitä. Näissä tutkimuksissa edellämainittujen kriteerien lisäksi on määritelty **siirtovaikutus(transfer)**, jossa oppilas oppii sellaisia metakognitiivisia ja kognitiivisia tietoja ja taitoja, joiden avulla hän pystyy soveltamaan oppimaansa uusissa ja erilaisissa tilanteissa (Mäkinen 2007, 22).

### ***Opetusmateriaali***

Kuusisto on tutkinut jo vuonna 1989 kirjassaan oppilaiden ja opettajien mielipiteitä siitä, millainen on hyvä opetusmateriaali. Tutkimuksessa opetusmateriaalin tärkeimmiksi ominaisuuksiksi nousi kielellinen selkeys sekä kehitystason huomioonottaminen materiaalissa. Lisäksi oppimateriaalin tehtävä on jakaa tietoa, motivoida ja ohjata opiskelijoita itsenäisen opiskelutekniikan hallintaan. (Kuusisto 1989, 20—31.)

Opetusmateriaalien laatua eivät mitkään viralliset tahot määrää. Materiaalit ovat tekijöidensä näkemyksiä siitä, millaisilla sisällöllisillä, tiedollisilla ja rakenteellisilla työtoivoilla oppiminen on tehokkainta. (Korkeakoski 2002, 220.) Opetusmateriaali voi olla oppiainesta sisältävä tiedonlähde kuten kirja. Opetusmateriaalina voi toimia myös kohteena oleva aine kuten lauta, lanka, muovailuvaha tai diakangas. (Uusikylä & Atjonen 2005, 164.)

Opetusmateriaalilla tarkoitetaan johonkin aineeseen tai materiaaliin kytkettyä oppiainesta, jonka tulee välittyä oppilaille ja saada heissä aikaan sellaisia elämyksiä ja oppimiskokemuksia, joista syntyy tavoitteiden mukaisia, pysyviä tietojen ja taitojen muutoksia sekä affektiivisiä vaikutuksia (Uusikylä & Atjonen 2005, 164). Opetusmateriaalia suunniteltaessa tulisi pohtia millaisia oppimistuloksia haluamme herättää oppilaissa. Esimerkiksi, onko kyseessä puhdas tiedonsiirto opettajasta oppilaaseen, jossa opettaja on eri läh-

teitä käyttäen hakenut oppilaille valmiin tiedon opetuksen kohteesta vai aktivoiko opetusmateriaali oppilaat itsenäiseen työskentelyyn ja tiedonhakuun. (Uusikylä & Atjonen 2005, 164.)

Hyvän opetusmateriaalin kriteerejä on haastava määrittää, koska se on sama kuin pyritäisiin määrittelemään hyvää opettajaa. On kuitenkin selvää, että hyvällä opetusmateriaalilla on kyky tukea opettajan opetusta ja suunnitelmia. (Uusikylä & Atjonen 2005, 166.) Opetusmateriaalin tulee olla kiinnostavan ja houkuttelevan näköinen. Oppimateriaalit tulee suunnitella niin, että paketit eivät sisällä pelkkää lukemista vaan myös tekemistä, jolloin oppiminen tehostuu ja oppilaat oppivat tekemisen kautta (Packard & Race 2003). Opetuksessa onkin otettavan käyttöön tarpeeksi tehokkaat ohjeaineistot ja opetustilat, jotta oppimistulokset olisivat tavoitteiden mukaisia (Ogbu, 2015). Taiwanin yliopistossa vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa on huomattu, että konetekniikan oppimiseen tarvittavaa aikaa ja opetusta on vaikea järjestää. Esimerkiksi tästä syystä e-oppimateriaali on loistava ratkaisu koneiden ja teknologian opetukseen (Liu & Jou 2008).

Useiden tutkimusten mukaan nuoret ovat alkaneet viihtyä yhä enemmän kuvallisten ja vuorovaikutuksellisten mediatekstien äärellä. Opetusmateriaalin digitaalinen muoto parantaa huomattavasti opetuksen laatua ja oppilaiden mielenkiintoa ja pitkäjänteisyyttä opittavaa asiaa kohtaan. (Yulianto, Prabowo & Kosala 2016, 94; Palmgren-Neuvonen, Mikkola, Kumpulainen 2011, 75; Olkinuora, Mikkilä-Erdmann, Nurmi & Ottosson 2001, 19—21). Multimediamateriaalissa opiskelijan annetaan liikkua opetusmateriaalissa vapaasti ja oppija itse kontrolloi oppimisen vauhtia (Toivola, Peura & Humaloja 2017, 121). Toisaalta multimediaoppimateriaali on avoin opetusmateriaali, missä opettaja tai oppimateriaali ei kontrolloi oppimista. Tällöin oppimiseroja pääsee tapahtumaan riippuen opiskelijoiden taitotasoista. Oppiminen on aina oppijan omalla vastuulla, eikä siihen pysty vaikuttamaan opetusmateriaali tai opettaja. (Olkinuora ym. 2001, 19—21; Järvelä, Häkkinen & Lehtinen 2006, 63, 181.) Tekniikka lisää opiskelijoiden mahdollisuuksia itsenäiseen työskentelyyn ja nopea ja visuaalinen tiedonsaanti auttavat opiskelijaa syväliempään tiedon prosessointiin ja asioiden työstämiseen yhdessä muiden opiskelijoiden kanssa (Nevgi ym. 2002, 403—407).

Itseohjautuvaksi oppimiseksi kutsutaan tapaa, jossa oppijalle tuodaan kokonaisuudessa opetettavan asian tietopaketti, jota oppilas käy itsenäisesti läpi (Joliffe, Ritter & Stevens 2001, 33). Itseohjautuvaa oppimista hyödynnetään yleensä jonkin uuden asian opettelussa ja siinä käytetään yleensä erilaisia opetusvideoita.

## **Oppimisaihio**

Oppimisaihioilla tarkoitetaan verkko-opetukseen tuotettua materiaalia, jota on helppo jakaa internetissä. Siinä tieto on pilkottu pienempiin osiin ja näin aihiota pystytään käyttämään luovasti eri tilanteissa. Oppimisaihiot eivät ole uusi ilmiö, mutta viime vuosina teknologian yleistyttyä kouluissa ja opiskeluissa aihioita on alettu käyttämään ahkerammin. Oppimisaihiot tuovat opetukseen luovuutta ja joustavuutta, kun yksittäiselle oppilaalle voidaan räätälöidä hänen tietotasolleen ja oppimiselleen sopiva opetusmateriaali. (Jaakkola, Nirhamo, Nurmi & Lehtinen 2005, 27—29.)

Oppimisaihiot voidaan jakaa moneen kategoriaan riippuen käyttötarkoituksesta, kohderyhmästä, formaatista tai vaikeustasosta. Jaakkola ym. (2005, 30—35; 2012, 13—14) luokittelee oppimisaihiot kahdeksaan eri kategoriaan pedagogisen käyttötarkoituksen mukaan. Näitä aihioita yhdistelemällä saa muokattua materiaalin sopivaksi jokaista tilannetta varten. Selitämme aihioista vain niitä, jotka sopivat omaan opetusmateriaaliimme.

### **1. Arviointiaihio**

### **2. Harjoitusohjelma-aihio**

### **3. Tietolähdeaihio**

### **4. Sanastoaihio**

### **5. Opasaihio**

Opasaihiolla tarkoitetaan erilaisia käsikirjoja, manuaaleja ja koneen käyttöoppaita. Oppaita käytetään yleensä jonkin laitteen toiminnan selventämiseen tai työsuorituksen ohjaamiseen. Opasmateriaaleilta vaaditaan yleensä helppokäyttöisyyttä ja niistä tulisi löytää tieto helposti. Materiaali koostuu yleensä teksteistä, kuvista ja videoista, joilla eri toimenpiteitä ja vaiheita havainnollistetaan. (Jaakkola ym. 2005, 32.)

### **6. Kokeiluaihio**

Kokeiluaihiot ovat vuorovaikutuksellisia materiaaleja joista, yleisimpinä ovat erilaiset simulaatiot ja mallinnustyökalut. Kokeiluaihiolla on tarkoitus saada käyttäjässä aikaan kokemuksellista oppimista. Tämä tapahtuu luomalla materiaalilla esimerkiksi sijaiskokemuksia toiminnasta tietyssä aidontuntuksessa tilanteessa tai ympäristössä. Materiaalilla on tavoitteena edistää tietojen ja taitojen soveltamista. (Jaakkola ym. 2005, 33.)

### **7. Avoin toiminta-aihio**

### **8. Työvälineaihio**

Työvälineaihiolla tarkoitetaan sovellusta, joilla käyttäjä voi luoda jotain uutta, muokata vanhaa materiaalia haluttuun muotoon tai olla vuorovaikutuksessa muiden opettajien kanssa. Työvälineaihiolla voidaan esimerkiksi tarkoittaa oppimisaihioden laadintaan ja muokkaukseen tarkoitettua työvälinettä, jolloin materiaalin luojana tai muokkaajana voi olla opettaja tai opiskelija itse. (Jaakkola ym. 2005, 34—35.)

### ***Oppimisen motivaatio***

Opetusmateriaalin suunnittelussa ja tuottamisessa on olennaista, että tunnemme oppimisen motivaatioon liittyvät teoriat sekä rakenteet. Parikka (1990, 28—32) on todennut motivaation, havainnoinnin ja jäsentämisen olevan tärkeää uusien käsityötaitojen oppimisessa. Motivaatioon liittyvissä teorioissa motivaatio voidaan karkeasti jakaa joko ulkoiseen motivaatioon tai sisäiseen motivaatioon. Ulkoiseen motivaatioon liittyy olennaisesti ulkoapäin vaikuttavat tavoitteet tai päämäärät. Sisäinen motivaatio on oppijan omakohmainen halu ja mielenkiinto syventää omaa oppimistaan. Sisäinen motivaatio ei tarvitse ulkoisia päämääriä tai tavoitteita, vaan uuden oppiminen toimii oppimisen kannusteena (Järvenoja & Järvelä 2006, 61).

Motivaatio-käsitettä ei voi tarkastella ilman tekemisen tarkoituksen käsittelyä. Motivaation tarkoitus on tekemisen konkreettinen kohde eli tekemisen päämäärä. Tekemisen päämäärä on tekijälle aluksi ajatus lopputuloksesta, jota tekijä alkaa tuottamaan motivaation ohjaamana. (Byman 2005, 26). Oppiminen ja siihen liittyvä motivaatio syntyy harvoin pelkästään oppilaan sisäisestä motivaatiosta varsinkaan, jos opetus pitää sisällään aihealueita, joita oppija ei ole aikaisemmin kohdannut. Uudet aihealueet saattavat vaikuttaa oppijan motivaatioon joko kielteisesti tai positiivisesti, riippuen koetaanko aihealue hankalana vai kiinnostavana. Mielenkiintoiset oppimistehtävät ja oppilaita aktivoivat ympäristöt lisäävät oppilaiden tehtävä- ja oppimismotivaatiota (Tynjälä 2002, 107—108; Toivola, Peura & Humaloja 2017, 34—35).

Hyvänä pidetty opiskelumotivaatio ja motivoituminen uuden oppimiseen katsotaan olevan yhteydessä muihin oppimisen alueisiin. Oppimisen alueisiin on luokiteltu muun muassa pitkäjänteisyys, tarkkaavaisuus, keskittymiskyky, ajattelutyö, oppimisen strategiat ja muistaminen. Motivaatio voidaan kokea kykynä ja valmiutena, jonka avulla opiskelija kykenee suorittamaan annettuja oppimistehtäviä. Motivaation määrä on verrannollinen opiskelijan kiinnostukseen opiskeltavasta aiheesta (Kauppila 2003, 42).

Tavallisesti huonon opiskelumotivaation syinä pidetään negatiivisia oppimiskokemuksia. Opiskelija ei ole saanut tukea omaan opiskeluun ja erinäiset palkinnot ja kannustukset

ovat uupuneet. Myös liian korkealle asetetut oppimisen tavoitteet ja niissä epäonnistumiset on koettu vaikuttavan huonoon opiskelumotivaatioon. Toisistaan riippumattomat intressit kilpailevat opiskelijan motivaatiosta, joka osaltaan vaikuttaa kielteisesti opiskelumotivaatioon. Kilpailevat intressit luovat ristiriitoja siitä, mihin projekteihin, koulutöihin tai harrastustoimintaan oppija kuluttaa energiansa ja kiinnostuksensa (Kauppila 2003, 42).

### **2.3.3 Teknologia ja pedagogiikka**

#### ***Tietokone opetuskäytössä***

Määrätietoisen ja oppilaan oppimista tukevan opetusmateriaalin avulla tietokoneella pystytään rikkomaan perinteinen opettajalähtöinen opetus ja keskittymään enemmän oppilaan itsenäiseen opiskeluun ja tiedon hankintaan. (Uusikylä & Atjonen 2005, 182.) E-opetusmateriaalit ovat osa tietotekniikkaa ja tietotekniikka on vain opetuksen väline, joka ei tee opetuksesta sen onnistuneempaa. Tietotekniikka voi osaltaan auttaa ylittämään aikaa sekä paikkaan rajattuja tekijöitä oppimisessa (Kiviniemi 2000, 7).

Monien tietotekniikantutkijoiden mukaan tietotekniikan käyttö opetuksessa muuttaa monin tavoin koulun toimintakulttuuria. Muutoksien tulkinta on kuitenkin vaikeaa ja kehitystä on hankala ennustaa, kuten tietotekniikan käyttöä yhteiskunnassa ylipäättään. Muutoksiin koulun toimintakulttuurissa liittyy kiinnostavia pedagogisia mahdollisuuksia, kuten esimerkiksi uudenlaisten korkeatasoista oppimista vaativien oppimisympäristöjen kehittäminen. Muutokset oppilaitosten toimintakulttuurissa vaativat sopeutumista niin opilaiden kuin opettajien taholta. Positiivisten piirteiden havaitseminen tietotekniikan rautautumisesta kouluympäristöön on osoittautunut hankalaksi koulutusinstituutioiden ja opettajien näkökulmasta. (Sinko & Lehtinen 1998, 48; Toivola, Peura & Humaloja 2017, 122.)

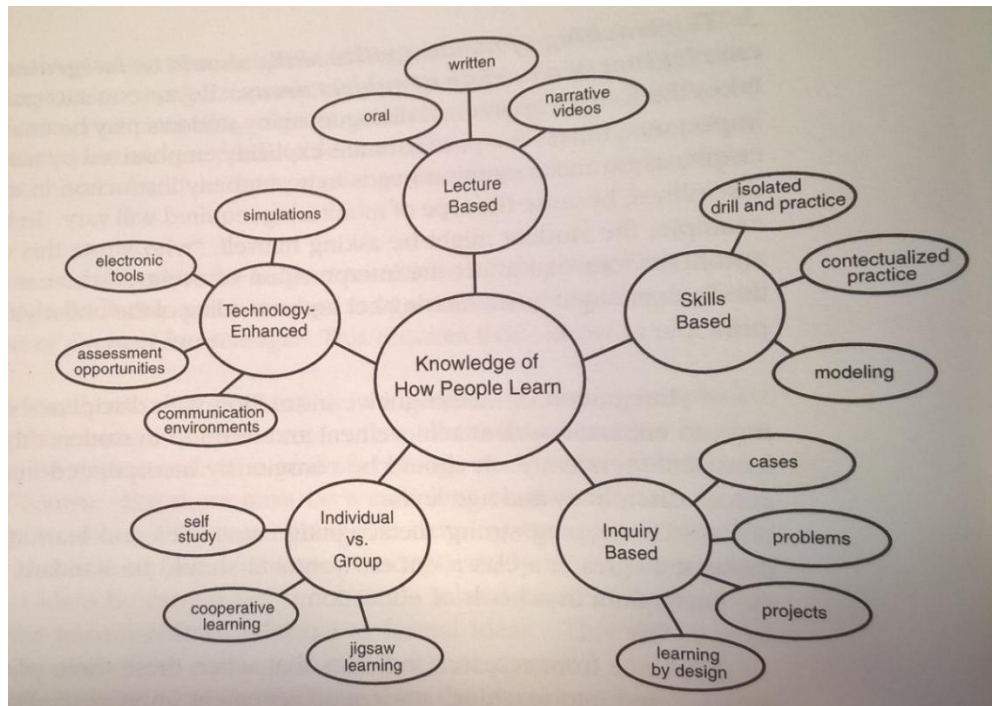
Sytä siihen, miksi tietotekniikan positiivisten piirteiden havaitseminen on ollut vähäistä, saattaa löytyä tietotekniikan kalliista kustannuksista ja työkuorman lisääntymisestä. On myös hyvä pohtia tulevatko positiiviset piirteet tietotekniikkaa kohtaan opetuksessa lisääntymään, kun opettajakoulutuslaitoksista valmistuu uusia opettajia, jotka ovat eläneet tietotekniikan nousun aikakaudella lapsuutensa ja nuoruutensa. Heille tietoteknisten sovellusten käyttö arkielämässä on mahdollisesti paljon luonnollisempaa ja tietotekniikan käytöstä tulee esiin enemmän positiivisia piirteitä.

Tietotekniikan ratkaisut kehittyvät kovaa vauhtia, mutta tietyt keskeiset oppimista ja ymmärtämistä edistävät mekanismit ovat samoja, vaikka hyödynnettäisiin millaista teknologiaa hyvänsä. Jotta teknologiasta saataisiin kaikki hyöty irti ja oppimisesta syvällistä, on tarkasteltava ihmisen käsitteellisen ymmärryksen kehitystä ja sitä, kuinka tieto näyttäytyy ihmisen mielessä. (Järvelä ym. 2006, 17.) Teknologiasta saadaan paras hyöty irti silloin, kun se lisää käyttäjän kykyä suoriutua annetusta tehtävästä (Toivola, Peura, & Humaloja 2017, 122.)

Simulointi on todellisesta tilanteesta johdettu kuvitteellinen tilanne, jota pyritään kehittämään samaan tapaan kuin todellista tilannetta. Simulaation tarkoituksena on auttaa ymmärtämään tilanne tai prosessi, joka on liian nopea, hidas, kallis tai vaarallinen toteuttaa tositilanteessa. (Silander & Koli 2003, 179.) Simulaatiosovelluksia voidaan käyttää hyvin erilaisiin tarkoituksiin kuten esimerkiksi kädentaitojen harjaannuttamiseen, elämysten hankkimiseen tai systemaattiseen opiskeluun (Meisalo, Sutinen & Tarhio 2000, 126). Simulaatio-ohjelman avulla opettajat voivat luoda kuvitteellisen tilanteen esimerkiksi opetuksessa. Tällöin simulointiohjelman avulla luodaan virtuaalinen tilanne tai tapahtuma tietokoneympäristössä, jolloin koulutus ja opetus tapahtuvat tehokkaammin ja vaikeamminkin. Teknologian ja koneistuksen parissa simulaatiolla on todella merkittävä rooli visuaalisen kokemuksen ja koneen eri prosessien oppimisessa (Fang, Tan, Thwin, Tan & Koh 2011).

### ***Elektroninen oppimisympäristö***

Vaikka oppiminen on ihmismielessä tapahtuvaa toimintaa, on olennaista käsitellä, missä ympäristössä oppiminen tapahtuu.



**Kuva 1. Oppimisympäristön kaavio (Bransford, Brown & Cocking 2000, 22)**

Kuvassa 1 on käsitelty ihmisen oppimista eri vuorovaikutustapojen kautta. Oppiminen jaetaan kuvan perusteella luento-oppimiseen, taito-oppimiseen, tapausoppimiseen, yksilö- ja ryhmäoppimiseen, sekä teknologiaan perustuvaan oppimiseen (Bransford, Brown & Cocking 2000, 22).

Jaakkola, Nirhamo, Nurmi ja Lehtinen (2012) kuvaavat oppimisympäristön tilaksi tai paikaksi, jossa opiskelijat pystyvät työskentelemään yhdessä ja ratkaisemaan oppimisen tiellä olevia ongelmia eri työvälineitä ja materiaaleja hyödyntäen. Tällaista oppimisympäristöä kuvataan usein käsitteellä avoin oppimisympäristö, jolloin opiskelijalle annetaan mahdollisuus yksilölliseen ja omaehtoiseen opiskeluun (Lindblom-Ylänne & Nevgi 2002, 54).

Oppimisympäristö on kokonaisuus, johon kuuluvat niin opettajat, oppilaat, oppimistehtävät, opetusmateriaalit kuin oppimisen tuloksetkin (Jaakkola ym. 2012). Oppimisaihiot ovat vain osa oppimisympäristöä, mikä on hyvä muistaa opetusta suunniteltaessa. Oikeanlaisilla opetusaihioilla pystytään kuitenkin rakentamaan hyvä opetusmateriaali, jolla opetuksesta saadaan tarkoituksenmukaista. Tällöin oppija itse saadaan aktiiviseksi toimijaksi, joka vuorovaikutuksessa muiden oppijoiden sekä fyysisen ja kulttuurisen ympäristön kanssa luo uutta tietoa ja oppii ratkomaan ongelmia. Tällaista oppimista varten oppimisympäristön tulee olla sellainen, jossa oppijalla on



mahdollisuus testata omia ajatuksiaan, havaita niissä olevia puutteita ja päästä rakentamaan uusia tiedollisia rakenteita. (Jaakkola ym. 2012, 23; Nurmi & Jaakkola 2006, 224—225.)

### ***E-Oppimateriaali***

Verkko-oppimisella tarkoitetaan opiskelua tai oppimista internetissä tai intranetissä. Eri-laiset tekniset ja pedagogiset mallit tuottavat toisistaan poikkeavia ympäristöjä oppimi-selle. Hypertekstistä ja mediasta muodostuva verkko-oppimisympäristön laatiminen edel-lyttää laatijaltaan niin opetus- kuin oppimisteorioiden tuntemusta ja käsitystä siitä, mil-lainen verkkoympäristö tukee parhaiten opiskelijoiden oppimisprosessia. Tällaiset ver-kossa olevat itseopiskelumateriaalit ovat parhaimmillaan kognitiivisia työkaluja. Hyvää oppimista on luonnehdittu ymmärtämiseen pyrkiväksi ja opiskelijan omaa ajattelua sisäl-täväksi merkitykselliseksi ja mielekkääksi toiminnaksi. (Nevgi & Tirri 2003, 22—23, 29.)

Ulkomaalaisessa tutkimuksessa, jossa on tutkittu kahden teknillisen koulun opetusta, huomattiin mielenkiintoinen ilmiö e-opetusmateriaaleihin liittyen. Vaikka e-opetusmate-riaaleja ja uusimpia teknillisiä sovelluksia käytetään opetuksessa ja koulutuksessa, ei e-opetusmateriaalia itse tuoteta. (Hashim & Hisyam 2015).

E-opetusmateriaalien yleistynyt käyttö on aiheuttanut ilmiön, jossa kaupalliset yhtiöt ovat opettajien avulla tuottaneet markkinoille opettajien käytettäväksi valmiita opetusma-teriaalipaketteja niin Suomessa kuin ulkomaillakin. Kaupalliset e-opetusmateriaalit han-kitaan opetuspaketeissa ja e-opetusmateriaalipaketit eivät kaikilta osin vastaa opettajan vaatimuksia opetusmateriaalista. On yleistynyt, että opettajat suunnittelevat ja tuottavat itse omat e-oppimateriaalinsa vastaamaan oman opetuksen tarpeita. E-opetusmateriaalin suunnitteluun onkin jo kehitelty uusia työkaluja opettajia varten. (Wang & Hsu 2006.)

Kröger (2003, 250) on todennut väitöskirjassaan, että käsityön verkko-oppimateriaalin suunnittelussa ja tuottamisessa on kyse merkityssisältöjen valinnasta ja siihen parhaiten sopivan oppimisteoreettisen lähestymistavan ja muodon valinnasta. Vaikka oppimisteo-reettinen lähestymistapa on hyvä ottaa huomioon, on kuitenkin materiaalin suunnittelussa muistettava, että keskiössä tulee olla oppisisältö, merkityssisältö sekä materiaalin käyttö-tapa. Näiden lisäksi materiaalin tekemisessä on mietittävä myös pedagogista käyttötapaa, kohderyhmää sekä oppimateriaalin käytettävyystekijöitä. (Kröger 2003, 251.)

Tietokoneohjelmassa käytettävyydellä tarkoitamme käyttöalustaa, joka tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen. Tämän lisäksi tehtävien opastuksessa tulisi olla esillä

vain se tieto, mitä käyttäjä sillä hetkellä kyseisessä kohdassa tarvitsee (Nielsen 1993, 120—122). Lindfors (2010, 143—144) tulkitsee käytettävyyden kokonaisuudeksi, joka muodostuu ratkaisun, käyttäjän ja ympäristön keskeisistä suhteista. Käyttökokemukseen vaikuttaa tehty tuote ja sen käytettävyys käyttöympäristössä sekä käyttäjän motivaatio, odotukset ja tarve testattavasta tuotteesta (Hassenzahl & Tractinsky, 2006). Pro gradu-tutkielmassa tuotetun konekohtaisen opetusmateriaalin teossa on huomattu PowerPoint-ohjelman mahdollisuus tuottaa visuaalisesti tyylikäs ja havainnollistava opetusmateriaali (Mattila & Syrjälä 2017).

Tella, Vahtivuori, Vuorento, Wager & Oksanen (2001, 109—111) ovat tehneet verkko-opetusmateriaalille pedagogisen tavoitteiston, jossa kuvaillaan muutamia lähtökohtia aineiston tekoon. Ilman tavoitteistoa ei parhaimmillaan välineillä synny hyvää ja käyttökelpoista opetusmateriaalia. Tavoitteiden määrittelyssä emme pysty kaikkia kohtia tutkimaan, sillä opetusmateriaali jonka teemme, on suunnattu käsityönaineopiskelijoille, mikä on melko ainutlaatuinen kohderyhmä. Tämän takia kriteereitä joudutaan muokkaamaan tai jättämään osittain pois.

**Kohderyhmä:** Mille taitotasolle materiaali on suunnattu, kaikkia ei voi palvella samalla materiaalilla.

**Aine tai aihe:** Määrittele ja rajaa aihe, jota opetusmateriaali käsittelee.

**Aineenhallinta ja pedagoginen mallintaminen:** Suunnittele opetusmateriaali niin, että sillä on selkeät opiskeluun ja opetettavaan aiheeseen liittyvät tavoitteet. Hyviä ohjaavia malleja ovat esimerkiksi ongelmalähtöinen, kokemuksellinen ja projektiluonteinen opiskelu.

**Autenttisuus:** Ideoi ja etsi oppilaillesi autenttisia, todellisen elämän ongelmia ratkaistavaksi. Suosi erityisesti jäsentymättömiä ongelmia, joihin ei ole olemassa yhtä oikeaa vastausta.

**Yhteisöllisyys:** Luo opetusmateriaali, joka tukee yhteistoiminnallista ja yhteisöllistä opiskelua. Ne kannustavat oppilaita yhdessä tekemiseen ja aktiiviseen vuorovaikutukseen niin materiaalin, kuin opiskelijakollegoiden kanssa.

**Tuki:** Tarjoa monipuolista tukea oppilaille. Etsi valmiita lähdemateriaaleja ja tietokantoja tukemaan oppilaan tiedonhakuprosessia. Tarjoa esimerkiksi vinkki- ja linkkilistoja.

**Ohjaus:** Itsenäiseen työskentelyyn tarkoitetun verkkomateriaalin on tarjottava sellainen ohjeistus oppilaalle, että hän ymmärtää ilman opettajan jatkuvaa tukea, mitä häneltä odotetaan.

## ***E-oppimateriaali ja laatuksiteerit***

Hyvää verkko-opetusta etsimässä- teoksessa Anne Nevgi ja Kirsi Tirri (2003, 107—109) ovat tutkineet verkko-opetuksen oppimista ja sitä estäviä tekijöitä. Tutkimuksessa on to-dettu opettajien sekä opiskelijoiden olevan samaa mieltä siitä, että oppimateriaalin raken-teen selkeys on tärkeimpiä kriteereitä hyvässä verkko-opetuksessa. Molemmat arvioivat hyväksi didaktiseksi ratkaisuksi multimedian keinoin esitettävät demonstraatiot opiskel-tavasta aiheesta. Avoimen yliopiston itseohjautuvia opetusmateriaaleja tutkittaessa tuli ilmi, että painettu teksti tukee materiaalin sisäistämistä. Jotta oppimisesta tulisi nopeaa ja syvällistä, materiaalin teksti tulisi olla selkeää ja helposti ymmärrettävässä muodossa. (Nikolaki & Koutsouba 2012, 230.)

Opetushallitus (2006, 14—28) on laatinut laatuksiteerit verkko-oppimateriaalille, jonka pohjalta opettajien on helpompi löytää tietyn aihealueen materiaaleja. Raportin pohjalta materiaalien tuottajien on myös helpompi suunnitteluvaiheessa tarkistaa, että kaikki oleellinen materiaalin teossa on otettu huomioon. Opetushallitus (2006, 14—28) on ja-otellut kriteerit neljään eri kategoriaan: pedagogiseen laatuun, käytettävyyteen, esteettö-myyteen ja tuotannon laatuun. Näistä jokainen kriteeri on jaoteltu useampaan konkreti-soivaan ja täsmentävään alakriteeriin. Näin on saatu monipuolinen katsaus siitä, kuinka tarkasteltava materiaali täyttää kyseiset määritelmät. Kaikki kriteerit eivät sovellu kai-kille opetusmateriaaleille, jolloin opetusmateriaalin tekijän täytyy jättää oman harkinnan mukaan osa kriteereistä huomioimatta. Verkko-oppimateriaaleja on niin monimuotoisia, että niitä ei millään pysty tarkastelemaan kaikkien kriteereiden kautta. (Opetushallitus 2006, 14.)

Verkko-oppimateriaalin **pedagogisella laadulla** tarkoitetaan opetusmateriaalin soveltuvuutta opetus- ja opiskelukäyttöön ja opetusmateriaalia, joka tukee opetusta ja oppimista ja tarjoaa pedagogista lisäarvoa. Oppimateriaalin ei tule kuitenkaan tyytyä vain soveltamaan vanhentuneita pedagogisia oppimismalleja uudella teknologialla vaan pyrkiä tukemaan opetusta ja oppimista uusimpien hyväksi havaittujen strategioiden avulla. Materiaalin tulisi keskittyä tukemaan oppilaan aktiivista oppimista luomalla oppimistehtäviä, jotka ovat tilannesidonnaisia, avoimia ja oppijan tasolle sopivia. Tärkeää on myös, että opiskelija pystyy helposti työskentelemään opittavan asian parissa. On myös toivottavaa, että opetusmateriaali saisi oppilaan innostumaan materiaalin sisällöstä ja toiminnallisista mahdollisuuksista. (Opetushallitus 2006, 14—15.)

**Käytettävyydellä** tarkoitetaan oppimateriaalin rakenteen, teknisen toteutuksen ja käytön sujuvuutta ja helppoutta. Verkkomateriaalin luojalle käytettävyys on yksi

ollennaisimmista kriteereistä, mitä tulee ottaa huomioon opetusmateriaalia työstettäessä. (Opetushallitus 2006, 18.)

**Esteettömyys** on tavattoman laaja-alainen tavoite, koska sillä tarkoitetaan saavutettavuutta, käytettävyyttä ja ymmärrettävyyttä kaikille ihmisille, heidän fyysisistä, psyykkisistä ja sosiaalisista ominaisuuksistaan riippumatta. Materiaali tulee suunnitella ja tehdä niin, että ongelmat ja haitat ovat minimoitu mahdollisimman vähäisiksi. (Opetushallitus 2006, 21.)

**Tuotannon laatu** tarkoittaa hallitusti ohjattua tuotantoprosessia, jota ohjaavat oppimistavoitteet yhdessä tiedollisten ja taidollisten tavoitteiden kanssa (Opetushallitus 2006, 24—25).

## 2.4 Laatatavoitekriteerit osa-alueittain

Olemme aikaisemmin määritelleet opetusmateriaalimme eksistenssiehdot (ks. 2.2.1), jotka ovat edellytyksenä laatutavoiteteoreeman laatukriteerien ja laatuetojen määrittämiselle. Laatutavoiteteoreemassa määrittelemme tuotteelta vaadittavat ominaisuudet, joita tulemme testaamaan, kun tuote sijoitetaan käyttökohteeseensa. (Metsärinne & Kallio 2011b, 49).

Eksistenssiehtojen määrittelyssä toimme esille, että kokemattoman käyttäjän tulisi hallita opetusmateriaalin avulla koneen itsenäinen käyttö. Syil x5 Pro- CNC-jyrsin on itsessään hyvin monimutkainen kokonaisuus ja tämän kokonaisuuden hallitseminen vaatii monien eri osa-alueiden hallitsemista. Tuntui hyvinkin luontevalta jakaa Syil x5 Pro- jyrsimen käyttö eri aihekokonaisuuksin. Kyseinen jako tuo laatukriteerien määrittelylle syvyyttä, koska näin pystymme yleistettävien laatukriteerien sijaan keskittymään hyvinkin tarkkoihin osa-aluekohtaisiin kriteereihin.

Jaoimme CNC-jyrsimen käytön kolmeen eri aihekokonaisuuteen. Aihekokonaisuuksia ovat jyrsimen käytön kannalta olennaiset ohjelmistot, jyrsimelle tehtävät fyysiset toimenpiteet sekä tuotesuunnittelun hallinta. Aihekokonaisuudet jaettiin näin tarkemmin vielä BobCAD-piirto-ohjelmaan, Mach3-työstöohjelmaan, jyrsinyksikköön ja tuotesuunnitteluun. CNC-jyrsimen käytön hallitsemiseen liittyvien aihekokonaisuuksien lisäksi lisäsimme laatutavoiteteoreemaan opetusmateriaalin yhdeksi yleiseksi osa-alueeksi. Opetusmateriaalin osa-alue pitää sisällään materiaalin pedagogiikan. Osa-alueiden jako ei

täysin noudata STP-mallin osa-aluejakoa, mutta opetusmateriaalin suunnittelua ja tuottamista oli helpompi hallita, kun jako tehtiin viiteen selkeään osa-alueeseen. Sisältöön kuuluvat jyrksinysikön, BobCAD:n, Mach3:n sekä tuotesuunnittelun osa-alueet. Opetusmateriaalin osa-alue kuuluu pedagogiikkaan.

Aiemmissa luvuissa olemme esitelleet kolme opetusmateriaalin tavoitteistoa, Tella ym.(2001), Koehler & Mishra (2008) ja Opetushallitus (2006), joita yhdistelemällä ja muokkaamalla lähdemme määrittelemään opetusmateriaalimme laatutavoitteita. Kyseiset tavoitteistot ovat tehty tiettyjä materiaaleja varten, mistä syystä kaikkia niissä olevia kohtia ei voida ottaa mukaan opetusmateriaalimme suunnittelussa. Tässä kappaleessa on jaoteltu eri osa-alueiden laatutavoitteet ja laatutavoitekriteerit. Taulukko 1 laatutavoitteiden jakautumisesta kriteereihin löytyy osiosta 3.1 ”opetusmateriaalin suunnittelu”.

### ***Opetusmateriaalin laatutavoitekriteerit***

Opetusmateriaalin ohjeistuksessa opetusmateriaalillamme on seuraavat laatutavoitekriteerit:

- Visuaalisuus
- Käytettävyys
- Itseohjautuvuus
- Motivointi
- Yhteensopivuus
- Käyttäjien eri taitotason huomioon ottaminen
- Edullisuus tuottamisessa.

**Visuaalisuudella** tarkoitamme havainnollisuutta, joka on kuvien, videoiden, tekstien ja äänen sujuvaa käyttöä. Opetusmateriaalin kaikki osa-alueet tulisivat olla havainnollistettuja ja kerrontaa tulisi olla vahvistettu erinäisin sovelluksin ja visuaalisin keinoin.

**Käytettävyyden** toimme esille jo taustateoriassamme. Käytettävyys yhtenä kriteerinä tarkoittaa, että oppimateriaalimme tekninen toteutus ja käyttäminen tulee olla sujuvaa ja helppoa (Opetushallitus 2006, 18). Oppimateriaalissamme sujuvuutta ja helppoutta on se, että käyttäjä kokee materiaalin rakenteen helpoksi käyttää ja materiaalin eri osioissa navigoimisen vaivattomaksi. Lisäksi käytettävyydellä käsitämme sen kokonaisuuden, joka muodostuu käyttäjän, ympäristön ja ratkaisun keskeisistä suhteista (Lindfors 2010, 143—144).

**Itseohjautuvuudella** tarkoitamme, että opetusmateriaalin tulisi ohjata oppilasta itsenäisesti kohti opetuksen päämäärää. Taustateoriassa mainitsimme, että opetusmateriaalin on

tarjottava sellainen ohjeistus oppilaalle, että hän ymmärtää ja pystyy tekemään opetettavan asian ilman opettajan jatkuvaa opastusta (Tella ym. 2001, 109—111).

**Motivointi** on johdettu opetusmateriaalin eksistenssiehdosta tuottaa materiaali, jonka avulla opiskelijat voivat ottaa haltuunsa Syil x5 Pro metalli-CNC-jyrsimen. Opetusmateriaalin tulisi olla motivoiva opiskelijalle, jotta hänelle herää mielenkiinto oppia lisää CNC-jyrsimestä, sekä innostua CNC-teknologiasta.

**Yhteensopivuus** on vaadittava laatutavoitekriteeri, joka kattaa miten opetusmateriaali tuotetaan, jotta materiaali olisi yhteensopiva yleisimpien tietokonesovelluksien kanssa. Yhteensopivuudella eli yleisesti käytössä olevalla tietokoneohjelmalla pystymme lisäämään opetusmateriaalin käytettävyyttä ja volyymia. Näin opiskelijat pystyvät lataamaan tai tutustumaan materiaaliin yleisimmillä atk-sovelluksilla.

**Käyttäjien eri taitotason huomioon ottaminen** sivuuttaa taustateoriassa mainittua esteettömyyttä, mutta esteettömyys on käsitteenä liian laaja-alainen ollakseen laatutavoitekriteeri. Käyttäjien taitotason huomioon ottamisella edellytämme, että tuotteen tulee vastata käsityönaineopiskelijoiden keskuudessa ilmeneviin taitoeroihin siten, että opetusmateriaali vastaa ensisijaisesti tarjonnallaan kokemattomien opiskelijoiden taitotasoa. Kokemattoman taitotason opiskelijoilla tarkoitamme opiskelijoita, joille CNC-teknologia on melko uutta. Toissijaisesti opetusmateriaali pyrkii toimimaan ”muistilistana” kokeneemman taitotason opiskelijoille, jotka ovat tottuneempia CNC-teknologian käyttäjiä.

**Tuottamisen edullisuus** vaikuttaa olennaisesti laatutavoitekriteerinä, koska opetusmateriaali tuotetaan opiskelijoiden toimesta, joten opetusmateriaalin tuottaminen ei voi vaatia suuria taloudellisia sijoituksia. Lisäksi tällä laatutavoitekriteerillä pystymme varmistamaan materiaalin tuottamisen taloudellisesta tilanteesta riippumatta, jolloin ei synny uhkaa, etteikö opetusmateriaali valmistuisi tekijöiden taloudellisen tilanteen vuoksi.

### ***Jyrsinyksikön laatutavoitekriteerit***

Jyrsinyksikön ohjeistuksessa opetusmateriaalissamme vaadimme seuraavat laatutavoitekriteerit:

- Jyrsimeen liittyvä peruskäytön ohjeistaminen
- Jyrsimen turvallinen käyttö

**Jyrsimen liittyvän peruskäyttö** jaetaan pienimpiin osa-alueisiin, jotka ovat olennaisia jyrsimen peruskäytön hallitsemiseen. Peruskäyttö jaetaan jyrsimen mekaanisiin osien pe-

ruskäyttöön, jyrstävän kappaleen kiinnittämiseen, terän vaihtoon, leikkuunesteen käyttöön liittyviin seikkoihin ja yleiseen jyrsimen kunnossapitoon. Ilman näitä kriteerejä opetusmateriaali ei anna opiskelijoille tarvittavaa informaatiota jyrsimen käyttöön.

**Jyrsimen turvallinen käyttö** on olennainen laatukriteeri, koska opiskelijan on saatava opetusmateriaalista tarvittavat tiedot vaaratilanteiden ennakointiin ja toimintaan vaaratilanteen yllättäessä.

### ***BobCAD-piirto-ohjelman laatutavoitekriteerit***

BobCAD-piirto-ohjelmalta ohjeistuksessa opetusmateriaalissamme vaadimme seuraavat laatutavoitekriteerit:

- BobCAD-ohjelman periaatteiden eli yleisen käytön havainnollistamisen
- Piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen / opiskelija hallitsee piirtotyökalujen käytön
- Työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen (G-koodin luominen) / opiskelija hallitsee työarvojen määrittämisen
- Vikojen määrittäminen ja diagnostiikka

CNC-teknologiaan perustuvien tuotteiden valmistuksessa tulee käyttäjällä olla, jonkinlainen valmius tai kokemus CAD-pohjaisten (Computer-aided Desing) eli tietokoneavusteisten suunnitteluohjelmien käytöstä. Opetusmateriaalin ensisijainen käyttäjäryhmä tulee olemaan CNC-teknologiaan kokemattomat opiskelijat, joten **BobCAD-ohjelman periaatteiden havainnollistaminen** tulee olemaan päällimmäinen laatukriteeri, johon muut laatukriteerit perustuvat.

Olenaisena osana ohjelman periaatteiden havainnollistamista kuuluu **piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen**. Toisen vuoden käsityöaineopiskelijat ovat oppineet aikaisemmissa opintojaksoissa alkeita, mutta koska tämän tutkielman CNC- koneen ohessa olevassa BobCAD piirto-ohjelmassa on erilainen käyttöliittymä. BobCAD- piirto-ohjelman piirtotyökaluvalikko ja piirtotyökalujen käyttö eroavat ohjelman ominaisuuksien vuoksi hyvinkin paljon esimerkiksi Corel-, Sketch Up- ja Vertex- ohjelmien ominaisuuksista. Laatukriteeriksi tämän perusteella on asetettava piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen. **Työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen**, joka pitää sisällään G-koodiin tarvittavien tietojen määrittämisen, kuuluu myös BobCAD-ohjelman periaatteiden havainnollistamiseen. Ohjelma pystyy tietokoneavusteisesti laskemaan mallinnetun piirroksen työstön tiedostolle, jonka työstöohjelma muuntaa työstöksi. Opiskelijan tulee ymmärtää tämä prosessi sekä opiskelijan on kyettävä määrittelemään työstöön vaadittavat tiedot. Ilman tätä laatukriteeriä opetusmateriaali jää hyvinkin vajavaiseksi, koska työstötapautumaa ei voi suorittaa ilman tiedostoa, joka pitää sisällään piirroksen G-koodin.

**Vikojen määrittämisen ja diagnostiikan** tarpeellisuutta voidaan perustella yhtenä laatukriteerinä. Omakohtaisissa käyttökokemuksissa olemme havainneet, että BobCAD piirto-ohjelmassa on varsinkin työstöarvojen määrittelyssä ja tuotteen piirtämisessä paljon määrittelytekniisiä kohtia, jotka vaikuttavat onnistuuko tuotteen työstö vai ei. Tämän vuoksi muodostamme laatukriteeriksi, että opiskelija osaisi tiedostaa, mitkä olisivat mahdolliset syyt jyrsinän epäonnistumiselle BobCAD piirto-ohjelman osalta.

### ***Mach3 laatutavoitekriteerit***

Mach3-työstöohjelman ohjeistuksessa opetusmateriaalissamme vaadimme seuraavat laatutavoitekriteerit:

- Työstöohjelman peruskäytön ohjeistaminen
- Työstöohjelman turvallinen käyttö
- Vian määrittely ja diagnostiikka

**Työstöohjelman peruskäytön ohjeistaminen** jaetaan pienempiin osa-alueisiin, jotka ovat kriittisiä työstöohjelman peruskäytön hallitsemiseen. Osa-aluejako jaetaan ohjelmiston kalibrointiin, työstöohjelman paneelin opastukseen G-koodin lataamiseen, nolla-arvojen asettamiseen, jyrsinän aloitukseen, jyrsinän lopetukseen sekä työstöarvojen muuntamiseen työstönaikana. Laatukriteeriksi määrittelemme, että opiskelija saa tarvittavan informaation opetusmateriaalista jokaiseen osa-alueeseen, jotta opiskelija hallitsee työstöohjelman peruskäytön.

**Työstö-ohjelman käyttöturvallisuus** on omana laatutavoitekriteerinään koskien Mach3-ohjelmaa. On ensiarvoisen tärkeää, että opetusmateriaalissa kerrotaan, kuinka turvallista koneenkäyttöä edistetään Mach3-ohjelmiston osalta. Lisäksi on tärkeää, että opiskelija osaa pysäyttää työstämisen turvallisesti Mach3-työstöohjelmalla.

**Vian määrittely** on tarpeellinen kriteeri Mach3-työstöohjelmiston kannalta, koska ohjelmiston peruskäytön opastuksen kriteeri tarvitsee tuekseen myös perustason vianmäärittelyn taidoista.



## ***Tuotesuunnittelun laatutavoitekriteerit***

Tuotesuunnittelun laatutavoitekriteerit opetusmateriaalissamme:

- Ohjeistava
- Oman työn suunnitteluun vaadittava informaatio
- Käsityöntäjän edistäminen

Opetusmateriaalin tulisi **ohjeistaa** ja tukea opiskelijan itsenäistä työskentelyä CNC-jyrsimellä. Olennaisena osana jyrsimellä työskentelyä opiskelijan tulisi tiedostaa millaisia tuotteita CNC-jyrsimellä on mahdollista tuottaa. Tämän vuoksi loimme yhdeksi opetusmateriaalin osa-alueeksi tuotesuunnittelun ja asetimme sille vaadittavat kriteerit. Tuotesuunnittelun osalta opetusmateriaalissa on oltava tarpeeksi kattava informaatio erinäisistä jyrsimellä tuotettavista mahdollisuuksista sekä kasvattaa opiskelijan käsityöntäjää CNC-jyrsintä kohtaan.

**Käsityöntäjän edistämisen** kannalta olemme asettaneet laatukriteerin opetusmateriaaliimme, että opetusmateriaali noudattaa käsityöntäjällistä ajattelua. Opiskelija oppii opetusmateriaalimme kautta hahmottamaan CNC-jyrsimen vaiheet, ominaisuudet ja turvallisuusajattelun, jotka on otettava huomioon tuotteen suunnittelussa.(Kallio 2014, 14).

### **3 VALMISTUSTEOREETTINEN OSA**

#### **3.1 Opetusmateriaalin suunnittelu**

Oppimismateriaalia on helppo hyödyntää muissakin kuin suunnitellussa kohteessa, mikäli opetusmateriaali on tuotettu oppimisaihioina tai pienempinä sisältöelementteinä. Yhtenäiseksi ja laajaksi kokonaisuudeksi suunniteltua materiaalia on haasteellisempi hyödyntää suppeammissa opetustilanteissa. Oppimateriaali vaatii yleensä toimiakseen oppimistehtävän, mikä ohjaa oppijan tietosisällön prosessointia ja näin ollen oppijan oppimista (Silander & Koli 2003, 42). Opetusmateriaalin suunnittelussa ja toteuttamisessa on hyödynnetty malli- ja prosessioppimisteoriaa, jonka pohjalta materiaali on muodostettu.

Käytäntö on osoittanut, että jo suunnitteluvaiheessa on hyvä tehdä demoversioita, jolloin materiaalin toteutusta havainnollistetaan esimerkiksi tuleville käyttäjillä. (Aho & Kullaslahti 2006, 11.) Demoversiona tässä opetusmateriaalin valmistuksessa meillä on toiminut kandidaatintutkielmassamme tehty opetusmateriaali.

Olemme laatutavoiteteoreeman aikana läpikäyneet alustavasti opetusmateriaalin osa-alueiden suunnittelun, mutta suunnitteluprosessi on harvoin tuotetta suunniteltaessa yksiselitteinen prosessi. Tuotteen eli CNC-jyrsimeen tuotetun opetusmateriaalin tuottaminen noudattaa perinteistä käsityötuotteiden tuottamisen tapaa. Tässä tavassa on tyypillistä, että tuotteen suunnittelu ja valmistus ovat toisiinsa liittytyneinä, eikä selkeää rajajakoa suunnittelun ja toteuttamisen välillä ole (Metsärinne & Kallio 2011b, 57). Konkreettisesti tämä ilmenee opetusmateriaalin tuottamisosiossa, kun tuottamisessa toteutetaan mahdollisia muutoksia tai uusia osa-alueita. Tuotetta suunnitellessa suurena haasteena on valmiin lopputuloksen ennalta määrittely, koska konkreettisen lopputuloksen muodostaminen on usein hyvinkin haastavaa. Suunnitteluprosessille ei ole luonnollista loppua, minkä takia tuotesuunnittelu loppuukin käytettävissä olevien resurssien kuten ajan loputtua. Tämän jälkeen käynnistyy tuotantoprosessi. (Lawson 2000, 53—55.)

Opetusmateriaalin suunnittelu aloitettiin konkretisoimalla opetusmateriaalille tarkoitettuja laatutavoitekriteerejä, jotka ovat opetusmateriaaliin liittyen määritelty laatutavoite-teoreeman osa-aluejaossa. Osa-aluejaot tehtiin teknisen sisällön ja suunnittelun kontekstiin (Taulukko 1).

**Taulukko 1 Opetusmateriaalin laatutavoitekriteerien konkretisointi**

Osa-Alue	Laatutavoitekriteeri	Kriteerin sisältövaatimus	Sisällön esittämistapa
Opetusmateriaali	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visuaalisuus</li> <li>- Käytettävyys</li> <li>- Itseohjautuvuus</li> <li>- Motivointi</li> <li>- Yhteensopivuus</li> <li>- Taitotasot</li> <li>- Edullisuus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Powerpoint ohjelmisto</li> <li>- "Hyperlink" valikkohaku</li> <li>-Selkeä etenemismalli</li> <li>-Diat koostuvat kuvista, teksteistä ja muodoista</li> <li>-Kokonaisvaltainen kerronta</li> <li>-Innostava</li> <li>-Eri tason mallityöt</li> </ul>	Opetusmateriaalin rakenne
Jyrsin-yksikkö	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peruskäytön ohjeistaminen</li> <li>- turvallinen käyttö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hätäseis-painikkeet</li> <li>- Suojavälineet</li> <li>-Teränvaihto</li> <li>-Teränkeskittäminen</li> <li>-Kappaleen kiinnittäminen</li> <li>- "Testiajo"</li> <li>-Leikkuunesteen lisääminen / Tarkistus</li> <li>-Koneen oikea käyttö</li> <li>-Leikkuunopeudet/kierrosnopeudet</li> </ul>	Video/PowerPoint
Bob-CAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjelman periaatteet</li> <li>- Piirtokalujen käytön ohjeistaminen</li> <li>- Työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen</li> <li>- Vikojen määrittely</li> <li>- Peruskäytön ohjeistaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Piirtämistyökalut</li> <li>-Piirtäminen</li> <li>-Valmiin piirroksen lataaminen</li> <li>-Työstöarvot</li> <li>-G-koodin luominen</li> <li>-Simulointi</li> <li>-G-koodin ja piirroksen tallentaminen</li> <li>-Yleisimmät ongelmat</li> </ul>	PowerPoint
Mach3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peruskäytön ohjeistaminen</li> <li>- Turvallinen käyttö</li> <li>- Vikojen määrittely</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Paneelin ohjeistus</li> <li>-Koneen kalibrointi</li> <li>-G-koodin lataaminen</li> <li>-Terän keskitys</li> <li>-Jyrsinnän aloitus</li> <li>-Jyrsinnän keskeyttäminen</li> <li>-Leikkuunesteen syöttäminen</li> <li>-Yleisimmät ongelmat</li> </ul>	PowerPoint
Tuotesuunnittelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ohjeistava</li> <li>- Työsuunniteluun vaadittava in-</li> <li>- Käsityötajun edistäminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mallityöt</li> <li>-Ideagalleria</li> <li>-Ohjeistus mallitöiden soveltamisesta</li> <li>-Jyrsimen käytön mahdollisuudet omaan tuotteeseen</li> </ul>	PowerPoint

### ***Opetusmateriaalin laatutavoitekriteerien konkretisointi***

Laatutavoiteteoreemassa olemme asettaneet yhdeksi opetusmateriaalin laatutavoitekriteeriksi visuaalisuuden. Visuaalisuus ja havainnollistettavuus toteutetaan ”print screen”-menetelmällä, jossa jokainen vaihe kuvataan ja selitetään tekstein auki. Samaa menetelmää käytettiin jo aikaisemmin mainitussa kandidaatin-tutkielmassa (Isohanni & Koski 2015), jossa se oli ”todettu” hyvin toimivaksi visuaaliseksi menetelmäksi. Yhdistämällä ”print screen”-kuva jokaisesta CNC-jyrsimen tapahtumasta ja täydentämällä kuvaa tekstein, muodoin ja selityksin. Näin käyttäjä näkee saman näkymän opetusmateriaalista, kun CNC-jyrsimen näytöltä. Tämä havainnollistamisen muoto pätee kuitenkin vain ohjelmistopohjaisten tapahtumien havainnollistamiseen. Opetusmateriaali sisältää myös CNC-jyrsimen jyrskyksikön läpikäynnin, jonka havainnollistamiseen tuotetaan ohjeistusvideo, jota täydennetään kuvin ja tekstein.

Käytettävyyden laatutavoitekriteeri rakentuu tuotteen suunnittelussa valittuun ohjelmistoon, jolla opetusmateriaali tullaan toteuttamaan. Käytettävyydellä tarkoitamme myös opetusmateriaalin ominaisuuksia materialistisena tai immaterialistisena tuotteena käyttäjälle. Olemme käsitelleet käytettävyyttä jo aikaisemmin luvussa 2.3.

Visuaalisuus on verkkomateriaalia esittäessä tärkeää. Materiaalissa tulisi käyttää muotoja, värejä ja kuvia ilmaisujen tukena, mutta keskeistä tietoa ei saisi esittää pelkästään visuaalisesti. Tämän lisäksi visuaaliset ratkaisut tulisi olla johdonmukaiset. Käytettävyyden kannalta onkin tärkeää, että esimerkiksi navigointipalkki on aina saman värinen ja sijaitsee samassa paikassa jokaisella sivulla. (Valtiovarainministeriö 2012, 55—56.)

Suunnitteluvaiheessa olemme päättäneet, että opetusmateriaali toteutetaan PowerPoint-ohjelmistolla. Ohjelmisto pitää sisällään ominaisuuksia, jotka katsomme olevan eduksi käytettävyyden laatutavoitekriteerille. PowerPoint-ohjelmiston dioille on helppo lisätä kuvia, tekstejä, muotoja ja videoita. Tämä ominaisuus lisää käytettävyyttä sekä havainnollisuutta.

Tärkeää onkin, että opetusmateriaali tukee opiskelijaa navigointimekanismeilla, jolloin opiskelija tietää ilman sivunumeroita, missä kohtaa materiaalia hän kulloinkin on. (Meisalo, Sutinen & Tarhio 2000, 115—116.) Käytettävyyden suurimpiin etuihin PowerPoint-ohjelmassa sisällytämme ”hyperlink”-ominaisuuden. Tämän ominaisuuden avulla pystymme tuottamaan erilaisia valikkoja ja linkkejä opetusmateriaalin sisällä. Näin

käyttäjä pystyy esimerkiksi päävalikosta klikkaamaan haluamansa opetusmateriaalin alueen. Tämän ominaisuuden myötä käyttäjän ei tarvitse selata koko opetusmateriaalia läpi päästäkseen tarvitsemaansa alueeseen. PowerPoint-diat ovat myös helppo tulostaa lehti-öksi, mikäli käyttäjä haluaa paperisen version opetusmateriaalista.

Itseohjautuvuus tulee esille opetusmateriaalin rakenteesta ja sisällöstä. Opetusmateriaali suunnitellaan rakenteeltaan ja teknisen sisällön kerronnaltaan sellaiseksi, että se tukee käyttäjän itseohjautuvuutta. Tämä merkitsee esimerkiksi sitä, että opetusmateriaalin BobCAD-osio kuvataan ja selostetaan siinä järjestyksessä, miten piirroksen tekemisen kulku menee aloituksesta lopetukseen. Selostuksissa kerrotaan ja selvennetään, miksi tapahtumia tehdään ja minkä vuoksi. Näin käyttäjä ymmärtää opetusmateriaalissa käytetyn tapahtumaketjun ilman opettajan tai ohjaajan paikallaoloa. Itseohjautuvuuden laatukriteeriin sisältyy myös vahvasti materiaalin helppolukuisuus. Pyrimme välttämään liian teknisen termistön käyttöä. Mikäli teknistä sanastoa käytetään, selitämme teknisen termistön siten, että se on ymmärrettävissä arkikielen termein. Pohdimme myös opetusmateriaalia demonstraatio- opetusmenetelmän pohjalta. Siinä opettaja pohtii etukäteen tilanteita, joissa oppilailla herää mahdollisia 'miksi' – kysymyksiä. Näin opettajalla on valmista materiaalia kysymyksiä vastauksien tukemiseen. (Rönkkö & Lepistö 2009, 49.)

Motivointi nousee opetusmateriaalista yleisenä käsitteenä. Motivointi on haastava laatukriteeri, johon on erittäin vaikea keksiä konkreettista sisältöä, sillä motivoinnin sisältö käsittää koko opetusmateriaalin ja on hyvin vahvana osana itseohjautuvuudessa. Motivoinnin laatukriteerin konkreettinen sisältö kattaa sen, että koko opetusmateriaali tulee tuottaa siten, että se vahvistaa opiskelijan sisäistä motivaatiota Syil x5 Pro:n jyrsimen parissa.

Yhteensopivuuden laatukriteeri peilaa käytettävyyden laatukriteeriä ja vahvistaa päätöstä tuottaa opetusmateriaali PowerPoint-ohjelmistolla. Ohjelmiston yhteensopivuudella taataan opetusmateriaalin esteetön käyttö. PowerPoint-ohjelmisto on yhtenä ohjelmana Microsoft Office-paketissa. Jokaisella Rauman opettajakoulutuslaitoksen opiskelijalla on mahdollisuus työskennellä kyseisellä ohjelmistopakettilla. Yhteensopivuuden yksi tarkoitus on taata opetusmateriaalin käyttäjälle helppo pääsy opetusmateriaaliin kannettavien tietokoneiden kautta. Tämän ominaisuuden avulla käyttäjä voi seurata omalta tai opettajakoulutuslaitoksen kannettavalta tietokoneeltaan opetusmateriaalia samaan aikaan, kun hän käyttää CNC-jyrsintä. Jyrsimen omaan tietokoneyksikköönkin tullaan asentamaan kyseinen ohjelmistopaketti.

Käyttäjien eri taitotason huomioon ottava laatukriteerin konkretisointi opetusmateriaalin suunnittelussa toteutettiin lisäämällä eritasoisia mallitöitä. Kyseistä laatukriteeriä tullaan tarkastelemaan tarkemmin BobCAD-osa-alueen laatukriteerien konkretisointi osiossa. Tämä johtuu siitä, että BobCAD-ohjelmistolla suunnitellaan ja piirretään kaikki CNC-jyrsimellä toteutettavat työt. BobCAD-ohjelmisto on jysinkokonaisuudessa se muuttuja, jonka käytön hallitsemisella pystytään tuottamaan monimutkaisiakin tuotteita. Muiden ohjelmistojen ja jyrsimen fyysinen käyttö on enemmän tai vähemmän kaavamaisista. BobCAD-piirto-ohjelman hallitseminen määrää sen, minkä tasoisia tuotteita käyttäjä CNC-jyrsimellä tuottaa. Tämän vuoksi keskitymme ottamaan eritasoiset käyttäjät huomioon tuottamalla eritasoisia mallitöitä BobCAD-ohjelmistolle.

Tuottamisen edullisuuden laatukriteeri täyttyy myös osaltaan PowerPoint-ohjelmistovalinnan myötä. PowerPoint-ohjelmistolla opetusmateriaali pystytään tuottamaan edullisesti ja tehokkaasti ilman muita kuluja. Opetusmateriaalissa esimerkkeinä tuotettujen mallitöiden materiaalimaksut nostavat opetusmateriaalin kokonaiskustannuksia, jotka jäävät silti vain muutamiin kymmeniin euroihin.

Opetusmateriaalin laatutavoitekriteerit ja niistä johdetut aiheet tukevat ajatusta siitä, että oppimisen on tapahduttava jossakin todellisella tilanteessa (Yli-luoma 2003, 81). Tarkoitus on opastaa opiskelija CNC-teknologiaan valmistamalla konkreettinen tuote, joka sisältää ohjelmistojen ja CNC-jyrsimen peruskäytön.

### ***Jyrsinyksikön laatukriteerien konkretisointi***

Jyrsimeen liittyvän peruskäytön ohjeistaminen ja jyrsimen turvallinen käyttö olivat laatutavoiteoreemassa mainitut jyrsinyksikön osa-alueen laatutavoitekriteerit. Olemme jakaneet peruskäytön ja turvallisuuden ohjeistamisen suunnitteluvaiheessa yhdeksään aiheisältöön, joiden tuntemista pidämme välttämättömänä peruskäytön ja turvallisuuden hallitsemiseksi.

- Hätäseis-painikkeet
- Suojavaikineet
- Teränvaihto
- Teränkeskittäminen
- Kappaleen kiinnittäminen
- Manuaalisesti suoritettava testiajo
- Leikkuunesteen lisääminen ja tarkistus
- Koneen oikea käyttö

## **-Leikkuunopeudet/kierrosnopeudet**

Jyrsinyksikön laatutavoiteteoreeman osa-alue jaon laatukriteereistä johdetut konkretisoidut aiheisällöt on valikoitu niillä perusteille, mitä olemme havainneet tarpeellisiksi jyrsinyksikön käytön hallintaan. Opetusmateriaalissa jyrsinyksikön osa-alue jakautuu edellä mainittujen aiheisältöjen mukaan kahteen esittämismuotoon. Leikkuunopeudet ja kierrosnopeudet esitellään PowerPoint-dioilla, joissa tulee kaikki tarpeellinen informaatio esille liittyen kierrosnopeuksiin ja niiden määrittämiseen. Muut aiheisällöt tullaan esittelemään opetusmateriaaliin tuotetulla ohjeistusvideolla.

Ohjeistusvideo tuotetaan I-movies-sovelluksella. Ohjeistusvideo suunnitellaan kuvattavaksi siten, että esittelyvideoon tarkoitetut aiheet näytetään konkreettisesti videolla ja videokuvaa täydennetään kerronnalla. Ohjeistusvideoon valikoidut aiheet ovat vaikea esittää PowerPoint-dioilla, mutta elävän videokuvan välityksellä aiheet ovat verrattain helppo ohjeistaa sekä esitellä. Ohjeistusvideon tarkoitus on toimia eräänlaisena muistilistana, kun varsinainen jyrsintä aloitetaan. Näin CNC-jyrsimen käyttäjät pystyvät videon perusteella tarkistamaan, että kaikki mahdolliset vaiheet on otettu huomioon ja jyrsintä voidaan suorittaa oikeaoppisesti ja turvallisesti.

## ***BobCAD-piirto-ohjelman laatutavoitekriteerien konkretisointi***

BobCAD-piirto-ohjelman laatutavoitekriteerien muuntaminen konkreettiseksi tekniseksi sisällöksi on monin tavoin haasteellista ja vaatii tiukkojen sisältövalintojen linjaamista. Haasteellisuudella emme tarkoita, että BobCAD-ohjelmiston ohjeistaminen ja käytön opettaminen olisi haasteellista. Haasteellisuus tulee BobCAD-ohjelmiston sisällön, erityisesti piirtotyökalujen, rajaamisesta sekä CAD-piirtämisen ohjeistamisesta. BobCAD aihealueen tarkoituksena opetusmateriaalissa on antaa käyttäjälle juuri se tarvittava informaatio, jonka katsomme olevan tarpeellista BobCAD-ohjelmiston peruskäyttöön liittyen. Voidaankin sanoa, että BobCAD-ohjelman käytön hallitsemisen on avainasemassa tuotteiden työstämisessä Syil x5 Pro-jyrsimellä.

Olemme BobCAD-ohjelman laatutavoiteteoreeman osa-alueessa asettamien laatutavoitteiden mukaisesti nostaneet opetusmateriaalin tekniseksi aiheisällöksi seuraavat BobCAD-ohjelman toiminnot:

- Piirtämistyökalut
- Piirtäminen
- Valmiin piirroksen lataaminen
- G-koodin luominen

- Työstöarvot
- Simulointi
- G-koodin ja piirroksen tallentaminen
- Yleisimmät ongelmat

Valikoitujen **piirtämistyökalujen** ohjeistamiseksi olemme suunnitelleet opetusmateriaaliin kolme mallityötä, joiden ohjeistuksessa läpikäymme tarvittavat piirtotyökalut peruskäytön hallitsemiseksi. Opetusmateriaaliin suunniteltuja mallitöitä käymme yksityiskohdaisemmin läpi vasta, kun läpikäymme tuotesuunnittelun laatutavoitekriteerien konkretisoinnin. Valintakriteerinä piirtämistyökalujen valitsemiselle opetusmateriaaliin oli, että piirtämistyökalua tulisi tarvita joissakin suunnittelemassamme kolmessa mallityössä. Valinta saattaa kuulostaa sattumanvaraiselta, mutta suunnittelemamme mallityöt ovat kolme erityylistä tuotetta, joiden avulla käyttäjä saa hyvän käsityksen ja perustaidon BobCAD-ohjelman mahdollisuuksista.

**Piirtämisen periaatteet** läpikäydään koko opetusmateriaalin aikana. Konkreettisesti tämä näkyy opetusmateriaalin teknisessä kerronnassa, jossa avaamme piirtämisen periaatetta ja miten piirtäminen eroaa tavallisesta kuvankäsittelyohjelmasta sekä mitä piirtämisessä tulee ottaa huomioon.

**Valmiin piirroksen lataaminen.** Päätimme valita kyseisen toiminnan osaksi opetusmateriaalia, koska se avaa käyttäjälle suuremmat mahdollisuudet koneen käyttöön. Monimutkaisten piirroksien piirtäminen on huomattavasti helpompaa muilla piirto-ohjelmilla kuin BobCAD-ohjelmalla. Tällä pyrimme myös saamaan näkyväksi kaikki sen mahdollisuudet, mitä koneella pystyy tekemään. Näin ollen asetamme ”Valmiin piirroksen lataamisen” osana ohjelman peruskäytön ohjeistamista, joka on mainittu laatutavoiteteoreemassa yhdeksi laatukriteeriksi.

Olemme maininneet laatutavoiteteoreemassamme ”työstöarvojen määrittelemisen ohjeistamisen” osana BobCAD-ohjelman laatutavoiteteoreemaa. Työstöarvojen määrittämisellä tarkoitamme kahdenlaisten arvojen määrittelemistä, jotka molemmat liittyvät G-koodin tuottamiseen. Lastuavan työstön arvojen määrittelemisellä tarkoitamme kaikkea leikkuutapahtumaan liittyviä arvoja kuten jysinterän kierrosnopeutta, leikkuunopeutta ja porausnopeutta. Toisena tarkoitamme G- koodin liittyvien työstöarvojen määrittämistä, johon kuuluvat jysinstrategiat, jysinnän alueet ja muut jysin tapahtumaan liittyvä data. **G-koodin tuottaminen** on BobCAD-ohjelman ominaisuus, jossa ohjelmalla piirretystä piirroksesta luodaan koodikartasto X-Y- ja Z- akseleille. Koodikartaston ja määriteltyjen



työstöarvojen avulla Syil x5 Pro:n kolmeakselinen jyrsinyksikkö alkaa toteuttamaan jyrsintapahtumaa. Tämän ominaisuuden läpikäyminen opetusmateriaalissa vaatii tarkkaa sekä perinpohjaista kerrontaa. Tästä johtuen tulemmekin panostamaan G-koodin määrittelyyn ja leikkaavaan työstöön liittyvien arvojen ohjeistamiseen. G-koodin määrittely vaatii käyttäjältä paljon teknistä tietämystä liittyen lastuavan työstön ominaisuuksiin ja jyrsimen strategioiden suunnitteluun. Olemme suunnitelleet opetusmateriaaliin muutamia “varmoja” G-koodin luomiseen liittyviä esimerkkejä, joita seuraamalla kokematonkin käyttäjä saa tuotettua onnistuneen G-koodin. Emme myöskään halua pitää käyttäjää pimenossa suunnittelemiemme “varmojen” ratkaisujen avulla. Opetusmateriaalissamme avaamme käyttäjälle kaikki G-koodin luomiseen liittyvien valintojen vaikutukset ja mitä G-koodin määrittelyyn liittyvät vaihtoehdot tarkoittavat.

Lastuavan työstön **työstöarvojen** ja niiden asettaminen kuuluu BobCAD-ohjelmiston peruskäytön hallitsemiseen. Vaikka työstöarvojen määrittäminen on osa G-koodin tuottamista, halusimme korostaa lastuavan työstön tapahtumaan liittyvien oikeiden arvojen tärkeyttä. Nimittäin virheellisyydet näiden arvojen määrittelyssä johtavat helposti terän rikkoutumiseen ja muihin materiaalivahinkoihin. Käyttäjä joutuu määrittelemään G-koodiin lastuavan työstön arvot, joihin kuuluvat jyrsinterän kierrosnopeus, leikkuunopeus ja po-rausnopeus. Kyseisiin arvoihin vaikuttaa jyrsittävän materiaalin, jyrsinterän koon ja terän tekniset ominaisuudet. Opetusmateriaalin on kyettävä ohjeistamaan käyttäjää työstöarvojen ominaisuuksien määrittelyssä. Tämän vuoksi työstöarvot ja niiden oikeaoppiseen määrittelyyn tuotetaan aihekokonaisuus.

**Simulointi** kuuluu osaksi vikojen määrittelyä ja BobCADin peruskäytön ohjeistamista. Nämä ovat mainittuina BobCAD-ohjelman laatutavoiteteoreeman laatuksiteereissä. Vikojen määrittelyn osalta ohjelma simuloi G-koodin 3D-mallinnuksena. Mallinnuksesta voidaan havaita mahdolliset virheet ja viat, joita G-koodissa saattaa esiintyä väärinasetettujen arvojen tai materiaalin vuoksi. BobCAD-ohjelman peruskäytön osalta simulointi kuuluu peruskäytön ohjeistuksen alueeseen, sillä se toimii samalla varmennuksena, että piirros sekä G-koodin tuottaminen on onnistunut. G-koodin varmentaminen kuuluu CNC-työstössä perusmenetelmiin, koska pahimmassa tapauksessa viallinen G-koodi saattaa hajottaa korjauskelvottomaksi kalliin CNC-laitteiston ja materiaalin.

**G-koodin ja piirroksen tallentaminen** ovat osa peruskäytön laatutavoiteteoreeman laatuksiteerejä BobCAD-ohjelman osa-alueessa. G-koodin tallentamiseen päättyy BobCAD-ohjelmiston käyttö. Tallennetun G-koodin seuraava vaihe on tuoda se CNC-työstöohjelmaan. Halusimme ottaa G-koodin tallentamisen sekä piirroksen tallentamisen yhdeksi aiheeksi opetusmateriaalissamme, koska kyseisten tiedostojen tallentaminen vaativat eri ohjelmistoreitit, jotka haluamme perusteellisesti ohjeistaa. Molempien tiedosto-

jen tallentaminen on käyttäjälle tärkeä, mikäli käyttäjä tallentaa vain G-koodin ilman piirrosta. Tällöin käyttäjä ei pysty enää muokkaamaan piirrosta jälkeenkään eikä korjaamaan työstöarvoja. Mikäli käyttäjä tallentaa pelkän piirroksen, menettää hän tuotetun G-koodin.

**Yleisimpiin ongelmiin** olemme suunnitelleet osa-alueen opetusmateriaalin, jossa käsittelemme kaikkia yleisiä ongelmia, joita olemme kohdanneet työskennellessämme Syil x5 Pro- jyrsimellä.

### ***MACH3-ohjelman laatutavoitteiden konkretisointi***

Mach3-ohjelman laatutavoitekriteerien konkretisointi on huomattavasti suoraviivaisempaa kuin BobCAD-ohjelmiston laatutavoitekriteerien konkretisointi. Yksinkertaisesti Mach3-ohjelman tarkoitus on muuttaa tuotettu G-koodi työstöliiketoimikodeiksi ja las-  
tuavaksi työstöksi jyrsinyksikölle. Tästä johtuen teknisen sisällön tuottaminen tapahtuu suoraviivaisesti pelkästään ohjelmiston työkulun mukaan seuraavasti:

- Mach3-paneelin ohjeistus
- Koneen kalibrointi
- G-koodin lataaminen
- Terän keskitys
- Jyrsinnän aloitus
- Jyrsinnän keskeyttäminen
- Leikkuunesteen syöttäminen
- Yleisimmät ongelmat

Sisältöalueisiin tuotettu tekninen sisältö sivuaa osittain jyrsinyksikön sisältöalueita, joita läpikäymme ohjeistusvideossa. Teränkeskittäminen läpikäydään sekä ohjeistusvideossa sekä Mach3- ohjelman osa-alueessa.

**Mach3-ohjelmisto näyttöruutu** on eräänlainen hallintopaneeli, jossa on pikanäppäimet ja valikot kaikkiin Mach3-ohjelmiston toimintoihin. Opetusmateriaalissa pyrimme ohjeistamaan käyttäjälle kyseisen paneelin toiminnat.

**Koneen kalibrointi** on Syil x5 Pro- jyrsimelle toteutettava perustoimenpide, jossa jyrsin kalibroi itsensä Mach3-ohjelmiston kanssa ja kone tarkistaa omien akseleidensa ääriarvot. Ilman koneen kalibroimista kone ei välttämättä tunnista omien akseleidensa ääriarvoja, mikä saattaa johtaa koneen rikkoutumiseen. On myös mahdollista, että ilman kalibrointia jyrsimen koordinaatit eivät vastaa Mach3-ohjelman koordinaatteja, mikä voi myös aiheuttaa koneen ja materiaalin rikkoutumisen.

**G-koodin lataaminen** on olennainen osa Mach3-ohjelmiston käyttöä. Mach3-ohjelma tarvitsee G-koodin, jonka se muuntaa työstöliikkeiksi ja lastuavaksi työstöksi.

G-koodin lataamisen jälkeen jyrsimen **terä keskitetään** jyrstävään kappaleeseen. Terän keskittäminen ei ole toiminnallisesti vaikea toimenpide. Siinä asetetaan jyrsimelle raja-arvo, missä jyrstävä kappaleen pinta on. Toimenpide vaatii kuitenkin erityistä huolellisuutta. Tämän vuoksi se ohjeistetaan jyrsinyksikön osiossa videon avulla sekä Mach3-osiossa. Mikäli raja-arvo asetetaan väärin ja jyrsin ei tunnista jyrstävän materiaalin pintaa, terä joko tunkeutuu liian syvälle materiaaliin tai ei työstä materiaalia ollenkaan.

**Jyrsinän keskeyttämisellä** ei tarkoiteta laatutavoiteteoreeman konkretisoinnissa jyrsinän hätäpysäyttämistä, koska se kuuluu jyrsinyksikön laatutavoiteteoreeman konkretisointiin. Jyrsinän keskeyttämistä tässä sisältöalueessa tarkoitetaan jyrsinän pysäyttämistä ja jatkamista Mach3-ohjelmistopaneelin komennoilla.

**Leikkuunesteen syöttäminen** on Mach3-ohjauspaneelistä tapahtuma toiminta, jota haluamme korostaa opetusmateriaalissamme. Leikkuunesteen tarkistukset ja muilla mainitsemillamme toimenpiteillä ehkäistään koneen rikkoutumista ja edistetään koneen turvallista käyttöä.

**Yleisimpiin ongelmiin** olemme suunnitelleet osa-alueen opetusmateriaalin, jossa käsittelemme kaikkia yleisiä ongelmia, joita olemme kohdanneet työskennellessämme Syil x5 Pro- jyrsimellä.

### ***Tuotesuunnittelun laatutavoitteiden konkretisointi***

Tuotesuunnittelun osalta olemme pyrkineet konkretisoimaan laatutavoitteet siten, että ne tukisivat käyttäjää ohjaamaan CNC-jyrsimellä tapahtuvaa tuotesuunnittelua. Tuotesuunnittelun laatutavoitteet ovat liitettyinä Bob-CAD osa-alueen sisältöalueeseen mallitöinä sekä omana ideagalleria-osiona. Laatutavoiteteoreeman laatukriteerien konkretisointi on suunniteltu tapahtuvan seuraavien sisältöjen puitteissa.

- Mallityöt
- Ideagalleria
- Ohjeistus mallitöiden soveltamisesta
- Jyrsimen käytön mahdollisuudet omaan tuotteeseen

**Mallitöitä** ja niiden käyttämistä käsityön opetuksessa on kritisoitu (Marjanen 2012, 228), mutta mallitöiden käyttöä on myös puolusteltu esimerkiksi käsityötekniikoiden opetuksen yhteydessä (Metsärinne & Kallio 2016, 349). Mallitöiden tarkoitus opetusmateriaalissamme on ohjeistaa ja opettaa Syil x5 Pro- jyrsimen käyttöä. Olemme suunnitelleet toteutettavaksi kolme mallityötä. Mallityöt eroavat toisistaan käytettyjen tekniikoiden osalta. Karkeasti mallityöt jakautuvat kolmeen työnimikkeeseen. Perustyö (Nimikyltti),

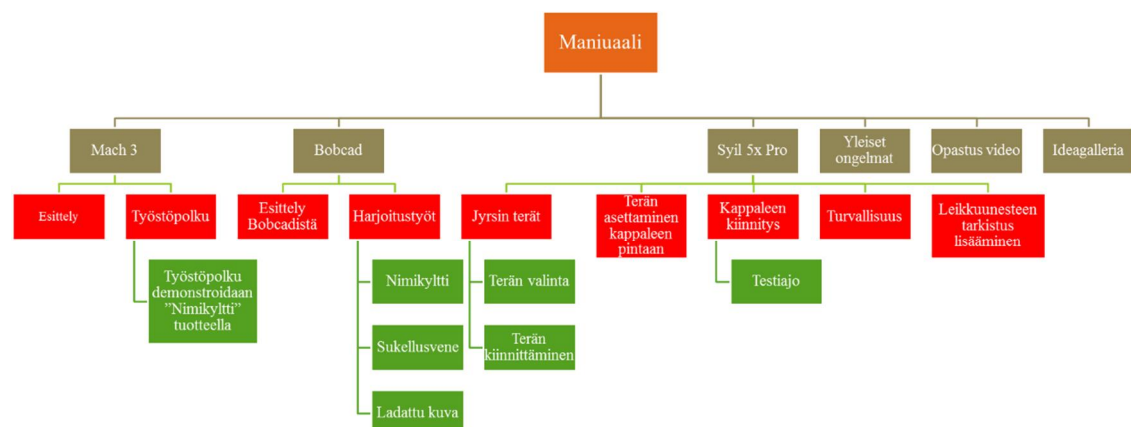
joka on yksiosainen tasojyrsintä. Haastava työ (Sukellusvene), joka on tasojyrsinnällä irti leikatuista osista kasattu 3D-malli. Kyseisessä menetelmässä hyödynnetään Metsärinteen ja Kallio (2017) teknisten sisältöjen oppimisen- menetelmää. Menetelmä on tutkivan tuottamisen didaktiikkaa, jossa opettaja on valinnut jonkin teknologisen tuotemallin oppijan kehiteltäväksi. Oppijan strategiseksi tehtäväksi jää hahmottaa, miten sisällöistä muodostuu kokonaisuus, joka toteuttaa teknologisen tehtävän. (Metsärinne & Kallio 2017.) Sovellettava työ, joka on ladatun kuvan jyrsintä. Kuvan lataaminen mahdollistaa koneen laajemman käytön, kun koneelle suunnittelee omia töitä. Näin kaikkia kuvia ei itse tarvitse alusta asti piirtää.

**Ideagalleria** on kuvagalleria erinäisistä tuotteista, joita on tuotettu Syil x5 Pro- jyrsimellä. Idea-gallerialla pyritään antamaan ideoita käyttäjälle CNC-jyrsimen mahdollisuuksista tuotesuunnittelussa.

**Mallitöiden ohjeistamisessa** opetusmateriaali antaa samalla neuvoja, miten mallitöissä käytettyjä tekniikoita ja periaatteita voidaan soveltaa omien tuotteiden suunnittelussa. Samaan periaatteeseen tähtää myös **jyrsimen käytön mahdollisuudet** omassa tuotteessa.

## Opetusmateriaalin valikkorakenteen suunnittelu

Olemme aikaisemmin määritelleet opetusmateriaalin teknisen sisällön ja laatutavoitekriteerien konkreettisen sisällön, joten seuraavana tuomme esille sisältö-alueiden ja osa-alueiden valikkorakenteen.



kuvio 5. Opetusmateriaalin valikkorakenne

Valikkorakenne noudattaa osa-aluejakoa ja niiden sisältöjakoa. Kuvassa näkyy yksinkertaisuudessa suunniteltu valikkorakenne (Kuvio 5).

### **3.2 Opetusmateriaalin valmistus**

Aikaisemmin olemme määrittäneet opetusmateriaalin tavoitteet ja luoneet tavoitteisiin konkreettisen teknisen sisällön. Olemme myös valmistaneet opetusmateriaalin tuottamiseen tarvittavan suunnitelman. Seuraavassa osiossa tarkastelemme opetusmateriaalin valmistamista suunnitteluteoreeman mukaisesti ja tarkastelemme valmista tuotetta suunnitteluteoreeman kannalta. Suunnitteluteoreema testataan ensiksi valmistamalla tuote. Valmistamisen jälkeen tuote arvioidaan suhteessa suunnitteluteoreemaan. Lopuksi laatutavoiteteoreema testataan viemällä tuote omaan käyttökohteeseensa (Metsärinne & Kallio 2011b, 77).

Opetusmateriaali valmistetaan osa-alue kerrallaan ja valmiit osa-alueet liitetään toisiinsa PowerPoint-sovelluksella. Osa-alueiden perusrakenteena on ohjeistus PowerPoint-diat. Jyrsinyksikön osa-alueelle, olemme lisänneet ohjeistusta korostamaan PowerPoint-diaan liitetyn videomateriaalin. Opetusmateriaalin valmistusosiossa käymme läpi, miten perusrakenteena toimivat PowerPoint-diat valmistettiin. Osiossa käydään läpi myös, kuinka jyrsinyksikköön tuotettiin ohjeistusvideo sekä, miten tuotteen suunnitteluteoreemassa mainitut tekniset sisällöt valmistettiin eri osa-alueisiin.

#### **Ohjeistus PowerPoint-diojen rakenne**

Opetusmateriaalin asetettujen laatutavoitteiden ja kriteerien mukaisesti opetusmateriaalin selkeys ja helppolukuisuus nousee hyvin esille ohjeistus PowerPoint-diojen rakenteessa. Diat koostuvat rakenteellisesti print screen-kuvankaappauksella ohjelmistossa tapahtuvasta työstövaiheesta sekä informaatio-laatikosta, jossa käsitellään työstövaiheen teoria työstämiskokonaisuutena. Opetusmateriaalissa liikkuminen tapahtuu hyperlinkipainikkeiden avulla, joilla käyttäjä pystyy navigoimaan ja siirtymään työstövaiheesta

seuraavaan (Kuva 2).

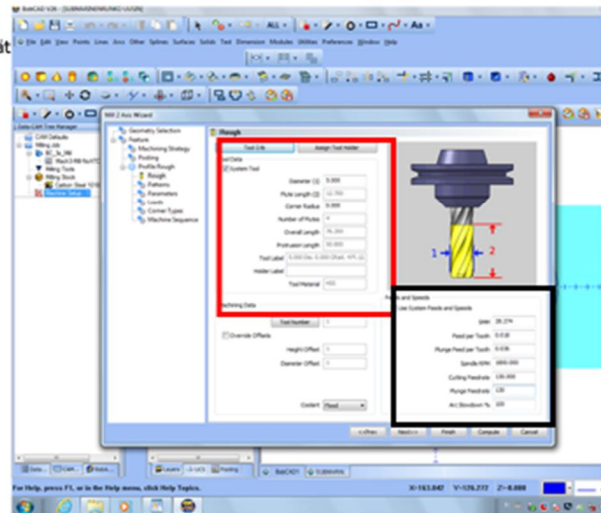
## Rough

- "Rough"-valikkossa määritellään jyrsimen terään liittyvät tiedot ja nopeuden ja kierrosluvun miten terä pyörii ja liikkuu.

Tärkeimmät tiedot, mitä "tool data"-valikkoon syötetään terän halkaisija "diameter" ja terässä olevien leikkaavien särmien lukumäärä "Flute". 5mm tai pienempi terä on tässä työssä havaittu hyväksi.

"Speed and Feeds"-valikossa määritellään kierrosnopeus "spindel rpm", leikkauksenopeus "cutting feedrate" ja nopeus mittä terä tunkeutuu materiaaliin "plunge feedrate". 5mm terälle jossa on neljä leikkaavaa särmää arvot pyörivät Spindel rpm: 1800-2200 Cutting Feedrate: 60-100 Plunge feedrate: 40-70

HUOM: TARKISTA ARVOT AINA LASTUAVA TYÖSTÖ KIRJASTA.



Kuva 2. Opetusmateriaalin PowerPoint-dia

Ohjeistus PowerPoint-dian informaatorakenne voidaan jakaa ohjelmistojen tekniseen sisältöön sekä ohjeistuksen pedagogiseen sisältöön. Tekninen sisältö on ohjelmistojen käyttöön ja käyttötarkoitukseen liittyvä informaatio. Pedagoginen sisältö käsittää työstövaiheen tai ohjelmiston käytön ohjeistamisen.

## Ohjeistus PowerPoint-diojen tuottaminen

Opetusmateriaalin tuottaminen alkoi tuottamalla kaikki osa-alueiden mukainen tekninen sisältö. Sisältö tuotettiin valmistamalla ja työstämällä CNC-jyrsimellä kaikki mallityöt, jyrsinnät, simulaatiot ja piirtotoiminnot. Kaikesta piirto- ja työstöohjelmistoilla tapahtuneesta tuottamisesta otettiin valmistamisen yhteydessä print screen-kuvankaappaus.

## Jyrsinyksikkö

Opetusmateriaalin jyrsinyksikköä (Syil x5 Pro) käsittelevä osio eroaa muusta opetusmateriaalista. Jyrsinyksikön ohjeistamiseen tuotettiin ohjeistusvideo, joka on jo aikaisemmin mainittu ja jonka sisältö on käsitelty suunnitteluteoreemassa.

Ohjeistusvideo kuvattiin autenttisessa tilanteessa käsitellen jyrsinyksikön osa-alueeseen määriteltyjä sisältöjä. Kuvauksessa käytettiin Rauman opettajakoulutuslaitoksen I-pad

tablettitietokonetta ja sen I-movies kuvaussovellusta. Ohjeistusvideon kuvaus käsitti kolme erillistä työvaihetta kuvauksen, äänen nauhoittamisen ja editoinnin. Videolle ei suunniteltu mitään ehdotonta enimmäisaikaa, mutta olimme hyvin tietoisia, että pitkä ohjeistusvideo saattaa aiheuttaa videon katsojassa turhautumista. Arvioimme kohtuulliseksi videon pituudeksi noin viisi minuuttia. Laatutavoiteteoreemasta johdetut jysinyksikön konkreettinen sisältö esitettiin ohjeistusvideolla kertojan eli niin sanotun juontajan esittämänä ja ohjeistamana. Juontajan rooliin valittiin toinen tämän Pro-gradu tutkielman tuottajasta. Juontaja esiintyy videolla ohjeistaen ja toimii aktiivisesti esitellen Syil x5 Pro-Jyrsin yksikköä.

Opetusmateriaalin jysinyksikkö osa-alueeseen tuotettiin myös ohjeistus PowerPoint-dia. Tämä dia vastasi laatutavoiteteoreemasta johdettua kriteerivaatimusta oikeista leikkauksista ja pyörimisnopeuksista. Kyseisen PowerPoint-dian sisältö rakentuu lastuavan työstön ohjeavotaulukosta sekä taulukon lukemisen ohjeistuksesta.

## **BobCAD**

Olemme aikaisemmin jo maininneet, että BobCAD aihe-alueen sisältö tuotettiin valmistamalla kaikki mallityöt. Valmistus dokumentoitiin ottamalla kaikista mallitöiden piirustus- sekä työvaiheista print screen-kuva. Myöhemmin print screen-kuvista tuotettiin ohjeistus PowerPoint-diasarjoja. Diasarjat käsittävät aina yhden kokonaisen mallityön piirtämisen. Mallityöt suunniteltiin siten, että ne täyttäsivät laatutavoiteteoreemassa vaaditut kriteerit sekä kriteereistä johdetut konkreettiset sisällöt ja tavoitteet. Näin ollen mallitöiden olemassaolo opetusmateriaalissa heijastuu laatukriteereihin, joissa käsitellään BobCAD-ohjelman piirtotoimintojen ohjeistaminen ja tuotesuunnittelun ajattelun kehittäminen.

## **Mach3**

Mach3 osa-alueen tuottaminen toteutui samankaltaisella periaatteella kuin BobCAD osa-alueen tuottaminen. Mach3-ohjelmistolla tuotettiin Nimikyltti-mallityö ja ohjelmiston työstöpolku dokumentoitiin. Dokumentoiduista työstöpolusta tuotettiin ohjeistus PowerPoint-diasarja käsittämään työstöpolun ohjeistamisen Mach3-ohjelmiston osa-alueessa. Jysinyksiköstä tuotettu ohjeistusvideo käsittelee myös osaa Mach3-ohjelmiston teknisestä sisällöstä, joten ohjeistus PowerPoint-diasarja käsittelee vain työstämisen tapahtumasarjan G-koodin lataamisesta jysinnän aloittamiseen.

## **Yleiset ongelmat**

Yleiset ongelmat ovat sisällytetty laatutavoitteiden konkretisoinnissa BobCAD ja Mach3-ohjelmistojen aihesisältöihin. Olemme myös johtaneet yleisistä ongelmista oman ohjeistus PowerPoint-dioihin perustuvan opetusmateriaalin osa-alueen, joka on jo aikaisemmin mainittu opetusmateriaalin suunnittelussa. Yleisten ongelmien osa-alueen sisältö tuotettiin simuloimalla BobCAD- ja Mach3-ohjelmistojen yleisimmät ongelmat, joita olimme kohdanneet ja dokumentoimalla ongelmiin johtavat työvaiheet. Dokumentoinneista eli tässäkin tapauksessa ”print screen”- kuvista tuotettiin ohjeistus PowerPoint-diasarjoja.

### **Ideagalleria**

Opetusmateriaalin ideagalleria valmistettiin tekemällä avoin kuvapankki PowerPoint-dioille, johon liitimme kuvia jyrsimellä tuotetuista tuotteista. Ideagallerian tarkoituksena on herättää käyttäjässä ideoita siitä, mitä koneella pystyy tekemään. Gallerian tarkoituksena ei ole tarjota käyttäjälle valmiita töitä, vaan ideoita joita muokkaamalla pystyy saamaan oman työn alkuun.

### **Opetusmateriaalin valikkorakenteen tuottaminen**

Opetusmateriaalin suunnittelussa olemme läpikäyneet opetusmateriaalin valikkorakenteen, jonka perusteella opetusmateriaalin ohjeistus PowerPoint-diasarjat tullaan yhdistämään omiksi aihealueiksi. Valikkorakenteet linkitetään toisiinsa hyperlinkien avulla, jolloin materiaalissa liikkuminen on nopeaa ja selkeää. Jokaisen osion sisälle rakentuu oma valikkorakenne, josta on mahdollisuus helposti palata edelliseen isompaan valikkokenttään.

### **Tuotteen arviointi suunnitteluteoreemaan**

Valmistuote arvioidaan suhteessa tuottamissuunnitelmaan. Arvioinnin tarkoituksena on varmistua, että tuotettu tuote vastaa laatutavoiteteoreeman pohjalta tuotettua suunnitteluteoreemaa. Tässä kohtaa emme vielä arvioi laatutavoitteita vaan reflektoida tuotetta puhtaasti suunnitteluteoreemaan. Pyrimme selvittämään, onko suunnitteluteoreema muuttunut tuotteen valmistuksen aikana erinäisten teknisten ratkaisujen johdosta. (Metsärinne & Kallio 2011b, 36.)



Suunnitteluteoreeman voidaan todeta onnistuneen, kun tuote on konkreettisesti olemassa. Olemme kuitenkin tarkastelleet opetusmateriaalia varmennuspohjaisen menetelmän avulla. Varmennuspohjainen menettely perustuu opetusmateriaalin suunnitteluvaiheen osa-aluejaon mukana syntyneiden kriteerien sisältövaatimusten varmentamiseen opetusmateriaalista. Käytännössä tuotteen arviointi suunnitteluteoreemaan toteutettiin paikallistamalla laatukriteerien sisältövaatimukset opetusmateriaalista. Esimerkiksi BobCAD-ohjelman yhdeksi laatukriteeriksi on määritelty peruskäytön ohjeistaminen ja kriteerin yhdeksi sisältövaatimukseksi G-koodin luominen. Paikallistamalla ne ohjeistus PowerPoint-diat, joissa G-koodin luominen käydään läpi, varmistamme kriteerin sisältövaatimuksen opetusmateriaalissamme. Kuviossa 6. olemme havainnollisesti kuvanneet, miten olemme varmistaneet valmiin opetusmateriaalin sisältöjä laatukriteerien sisältöihin.

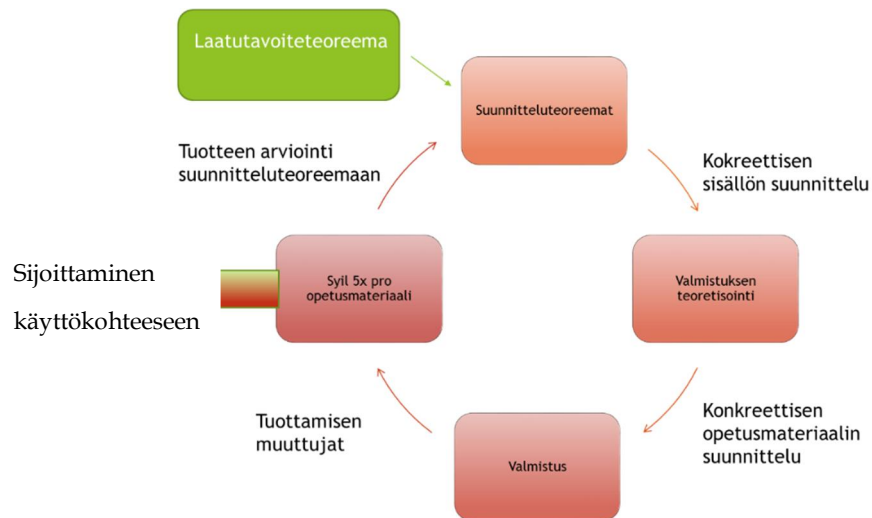


**Kuvio 6. Sisällön varmistus**

Pystyimme onnistuneesti paikallistamaan ja varmentamaan kaikkien laatukriteerien sisältövaatimukset opetusmateriaalissamme. Näin pystymme toteamaan, että tuotteen arviointi suunnitteluteoreemaan on toteutunut hyväksytysti ja pystymme seuraavaksi viemään tuotteen omaan käyttökohteeseensa.

### **3.2.1 Tuottamiskokonaisuuden tulos**

Tuottamiskokonaisuudella käsitetään laatutavoiteteoreeman pohjalta tapahtuvaa tuotteen sekä valmistuksen suunnittelua ja tuotteen valmistumista. Olemme tähän mennessä käsitelleet opetusmateriaalin tuottamiskokonaisuuden tuotteen suunnittelusta tuotteen valmistukseen, sekä arvioineet tuotetta suunnitteluteoreemaan avulla. Suunnitteluteoreema on havainnollistettu tuottamiskokonaisuuden kaaviolla (Kuvio 7).



**Kuvio 7. Tuottamiskokonaisuuden kaavio**

Tuotteen tuottamistoiminta on monisyinen ja kompleksinen prosessi, jossa suunnittelu ja valmistus kulkevat kietoutuneina toisiinsa. (Metsärinne & Kallio 2011b, 57.) Opetusmateriaalimme tuottamiskokonaisuutta tarkastellessa voidaan selkeästi huomata, että suunnittelu ja valmistus eivät kietoudu toisiinsa kovinkaan voimakkaasti, jos lainkaan. Tuottamiskokonaisuus muistuttaa lähinnä teollisen tuottamisen mallia käsityöissä kuin perinteistä käsityötuottamisen mallia. (Metsärinne & Kallio 2011b, 56.) Suunnittelun ja tuottamisen jyrkkä jako johtuu aikaisemmasta kokemuksestamme CNC-jyrsimelle tuotetusta opetusmateriaalista. Kokemuksen avulla pystyimme ennakoimaan tuottamisvaiheessa eteen tulevat ongelmat. Tuottamisen ongelmakohtien tiedostaminen aikaisemmasta opetusmateriaalista ohjasi suunnittelutyömme hyvin perusteelliselle tasolle, että itse tuottamisvaiheessa ei suunnitteluteoreemaa tarvinnut muuttaa tuottamisvaiheessa eteen tulleiden ongelmien vuoksi. Tuottamisvaiheen ongelmat keskittyivät lähinnä tietotekniikka-sovelluksen eli PowerPoint hyperlinkkien järjestelmiseen ja osa-alueiden yhteenliittämiseen.

## 4 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuskohteen eksistenssiehtojen kuvaamisen kappaleessa 2.2.1 on esitetty, miten eksistenssiehdot on johdettu STP-mallista. Kappaleessa 2.4 on esitetty, miten opetusmateriaalin osa-alueet jakautuvat STP-malliin. Tässä kappaleessa tuomme esille, miten tutkimuskysymykset rakentuvat STP-mallista.

Ensimmäinen alatutkimuskysymyksen tarkoituksena on selvittää, kuinka hyvin teknologian ja pedagogiikan suhde toteutuu opetusmateriaalissamme. Teknologia ja pedagogiikan suhde tarkoittaa e-oppimisen ja e-opetusmateriaalin teoriaa ja sitä, kuinka hyvin opetusmateriaalimme vastaa käyttäjien mielestä näitä teorioita.

Toinen alakysymys rakentuu sisällön ja pedagogiikan sekä sisällön ja teknologian kokonaisuuksista, joka käsittää sen, miten opiskelijat oppivat opetusmateriaalin sisällön. Sisällön oppimiseen vaikuttaa se, kuinka hyvin olemme onnistuneet tuomaan oppittavaan sisältöön pedagogiikan ja kuinka hyvin sisältö on esitetty teknologian avulla.

Päätutkimuskysymyksessä pyritään selvittämään, kuinka hyvin itseohjautuvuus rakentuu koko opetusmateriaalin toteutuksessa eli miten sisältö, teknologia ja pedagogiikka yhdessä toteuttavat itseohjatuvan opetusmateriaalin kokonaisuuden.

### **Päätutkimuskysymys:**

Kuinka CNC-jyrsimelle tuotettu opetusmateriaali toimii käsityöaineopiskelijoiden tukena CNC:n itsenäisessä työskentelyssä?

### **Alatutkimuskysymykset:**

- a) Miten opetusmateriaalin teknologia ja pedagogiikka toimivat opetusmateriaalin sisällön esittämiseen?
- b) Kuinka opiskelijat oppivat opetusmateriaalin sisällön perusteella Syil x5 Pro- jyrsimen peruskäytön?

## 5 TODISTAMISTEOREETTINEN OSA

### 5.1 Laatumavoiteteoreeman testaus

Opetusmateriaalin testauksella yritämme ymmärtää ja tulkita miten hyvin opetusmateriaali tukee opiskelijoiden itsenäistä työskentelyä ja miten laatumavoiteteoreeman kriteerit toteutuvat ja miltä osin ne jäävät toteutumatta. Näin ollen tutkimuksen lähestymistapa on tyypillinen fenomenologiseen lähestymistapaan kohdistuva aihe. Fenomenologisessa lähestymistavassa tutkija arvioi ilmiötä elävässä tilanteessa ja ihmisten kokemana (Creswell 2014, 14). Fenomenografinen lähestymistapa eroaa fenomenologisesta lähestymistavasta siten, että se käsittelee erilaisia arkipäiväisiä ilmiöitä ja niitä koskevia käsitteitä (Huusko & Paloniemi 2006, 162). Tutkimuksemme ei kuitenkaan käsittele arkipäivässä ilmenevää ilmiötä vaan hyvinkin ainutlaatuista tilannetta ja ilmiötä. Käsittelemämme ilmiö ja kohdejoukko on vain Rauman kampuksella, mikä tekee tutkimuksesta todella ainutlaatuisen. Fenomenologista lähestymistapaa tukee vielä Metsämuuronen (2009), joka käsittelee fenomenologisen ja fenomenograafisen lähestymistavan eroja. Fenomenologia on kiinnostunut ilmiöstä sekä niiden tulkitsemisesta ja fenomenografia tarkoittaa enemmän ilmiön kuvaamista ja siitä kirjoittamista. (Metsämuuronen 2009, 224,240).

Tutkimus tullaan toteuttamaan kvalitatiivisin menetelmin, sillä käsittelemämme tapaus on ainutlaatuinen ja tulemme tulkitsemaan tutkimusaineistoa sen mukaisesti (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2013, 164). Tutkimuksen lähestymistavan määrittely on varhaisin testauksen määrittelyyn huomioon otettava asia. Laatumavoiteteoreeman laatumavoitekriteerit ja tutkimuskysymykset ovat luonteeltaan laadullisia kysymyksiä, joissa arvioidaan tuotteen vaikutusta valittuun kohdejoukkoon. Samalla tutkimuskysymyksissä suositetaan ihmistä tiedonkeruun välineenä ja pyrimme paljastamaan odottamattomia seikkoja omien laatumavoitteiden odotusarvojen hypoteeseista ja teorioista. (Hirsijärvi, Remes & Sajavaara 2013.) Tämän lisäksi jouduimme tutkimuksen yhteydessä käyttämään tilastollisia menetelmiä aineiston keruussa. Tilastollisilla menetelmillä täydennämme tässä tutkimuksessa laadullisen tutkimuksen ongelmakohtia. Tutkimuksemme on siis

Creswellin (2014, 225) mainitsemaa mixed methods-tutkimusta, jossa yhdistellään laadullista ja tilastollista tutkimusta.

Tuotteen toiminnan arviointi perustuu laatutavoitteiden arviointiin, siksi opetusmateriaali on sijoitettava käyttökohteeseen, jossa laatutavoitteita pystytään arvioimaan. Tuotteen testauksen olosuhteet ovat oltava samanlaiset kuin aiotun tuotteen käyttökohdetta määritellässä. Opetusmateriaali tulisi testata mahdollisimman autenttisissa olosuhteissa, joka vastaa sitä käyttöä mihin materiaali on tuotettu. Saadaksemme parhaat arviointiolosuhteet on meidän testattava opetusmateriaaliamme samalla tavalla, miten sitä käytettäisiin. (Metsärinne & Kallio 2011b, 64). Tästä johtuen on hyvinkin luonnollista, että testaus tapahtuu, kun käyttäjä on tutustunut opetusmateriaalin ja tuottanut Syil x5 Pro-jyrsimellä opetusmateriaalin avulla jonkin tuotteen. Testauksen arvioinnin informaatio kerätään käyttäjältä kyselylomakkeella sen jälkeen, kun käyttäjä on tutustunut ja käyttänyt opetusmateriaalia.

Pohjimmiltaan opetusmateriaalin testauksessa on tarkoitus kerätä mahdollisimman paljon informaatioita laatutavoiteteoreeman laatukriteereille, jotta laatutavoiteteoreema voidaan määritellä todeksi tai todentaa ne seikat, jotka estävät teoreeman todeksi toteamisen (Metsärinne & Kallio 2011b, 65). Testauksen tiedonkeruussa on näin ollen otettava huomioon, että kysymykset kohdistuvat laatukriteereihin sekä siihen, että saamme opiskelijoilta heidän omana kertomanaan informaatioita, miten laatukriteerit eivät toteutuneet.

### **5.1.1 Kyselylomakkeen tuottaminen**

Opetusmateriaalin valmistuksen jälkeen kyselylomake tuotettiin siten, että kysymykset kohdistusivat konkreettisiin laatutavoitteiden sisältöihin, jotka ovat johdettu laatutavoitteista. Laatutavoitteiden konkreettiset sisällöt tuotettiin vasta tuotteen suunnittelun yhteydessä.

Kyselylomakkeen tuottamisessa on huomioitava, että laatutavoiteteoreeman laatukriteerit on jaettu osa-alueisiin, joten kyselyn kysymykset on myöskin jaettava omien osa-alueidensa mukaan. Osa-aluejaon lisäksi kysymykset on esitettävä niin, että kehikkojoukko ymmärtää ja kykenee vastamaan kysymyksiin. Näin ollen on vältettävä liian teknisten kysymysmuotojen esittämistä.

Laatutavoiteteoreeman testauksessa olemme jo määritelleet kyselylomakkeen rakenteellisen suunnan siten, että kyselylomakkeen kysymykset koostuvat suljetuista 5-portaisista Likertin-asteikon kysymyksistä, joita täydennetään avoimilla kysymyksillä. Olemme myös kohdentaneet, että kyselylomake on jaettava opetusmateriaalin eri osa-alueisiin: opetusmateriaaliin, jyrksinyksiköön, BobCAD piirto-ohjelmaan, Mach-3- työstöohjelmaan sekä tuotesuunnitteluun. Kyselylomakkeen tuottamisen tarkoitus on tuottaa laatutavoitteille suljetut ja avoimet kysymykset. Käyttäjien vastausten tuomalla informaatiolla voidaan todentaa laatutavoitekriteeri toteutuvaksi tai toteutumattomaksi opetusmateriaalissamme.

TAULUKKO 2a. Kyselylomake kysymysten jaottelu laatutavoitekriteereihin

Laatukriteeri	Kysymyslomakkeen kysymys
<b>Opetusmateriaali</b>	
Visuaalisuus	1. <u>Opetusmateriaalikuvat</u> ovat selkeät ja havainnollistavat. A3. <u>Parannusehdotukset</u> opetusmateriaaliin ulkoasuun ja käyttöön liittyen? 22. <u>Mach3</u> työstöohjelman toiminnot on esitelty havainnollistetusti ja selkeästi.
Käytettävyys	×
Itseohjautuvuus	2. <u>Opetusmateriaalin</u> selaus ja navigointi on helppoa ja loogista. 3. <u>Ohjeistuksen</u> tekninen sanasto oli ymmärrettävästi selitetty. 4. <u>Materiaalin</u> ohjeistuksen kerronta oli selkeä (selitykset/ohjeistus). 5. Opetusmateriaali tuki hyvin Cnc-jyrsimellä tapahtunutta itse- näistä työskentelyä 6. <u>Opetusmateriaali</u> eteni loogisesti ja johdattelevasti
Motivointi	8. <u>Kiinnostukseni</u> cnc-työstöön kohden lisääntyi opetusmateriaalin avulla. A2. <u>Kuinka innostukseni</u> metalli cnc-jyrsintä kohtaan lisääntyi/vähentyi tutustuttuani opetusmateriaaliin ja miksi?
Yhteensopivuus	×
Taitotasot (Haastava)	A1. Millaiseksi arviot oman taitotasosi CNC-jyrsimeen liittyen ja toimiko opetusmateriaali tukena omalle taitotasollesi?
Edullisuus	×
<b>Jyrsinysikkö</b>	
Peruskäytön ohjeistamien	9. <u>Perehdytysvideo</u> on informatiivinen ja hyödyllinen. 10. <u>Opetusmateriaalin</u> jyrsintä käsittelevä osio on tarpeeksi kattava. 12. <u>Oikeiden</u> leikkuunopeuksien ohjeistus on toteutettu selkeästi. 13. työstöarvojen määrittämisen kuvat olivat havainnollisia ja selkeitä. 14. <u>Hallitsen</u> opetusmateriaalin avulla Syil 5xpro-jyrsimen fyysisen. A4. <u>Jäikö</u> perehdytysvideosta mielestäsi puuttumaan jotain tarpeellista?
Turvallinen käyttö	11. <u>Opetusmateriaalin</u> jyrsintä käsittelevä osio antaa mielestäsi tarvittavat tiedot koneen turvalliseen käyttöön.

TAULUKKO 2b Kyselylomake kysymysten jaottelu laatutavoitekriteereihin

Mach3	
Peruskäytön ohjeistaminen	21. <u>Opetusmateriaali</u> antaa hyvän käsityksen mihin Mach3 työstöohjelmaa käytetään. 23. <u>Opetusmateriaalissa</u> käydään selkeästi vaiheittain mach3 työstöohjelman käyttö. 24. <u>Hallitsen</u> opetusmateriaalin avulla mach3 työstöohjelman. A7. <u>Jäikö</u> Mach3 työstöohjelman esittelystä mielestäsi puuttumaan jotain?
Turvallinen käyttö	25. <u>Tiedän</u> miten Mach3 työstöohjelma pysäytetään kesken työstämisen.
Vikojen määrittäminen (Diagnostiikka)	A8. Onko listalta vaikea löytää nimen perusteella yleinen ongelma? A9. <u>Voisiko</u> vianetsintää parantaa opetusmateriaalissa jotenkin? A10. <u>Löytyykö</u> listasta ongelmia, mitä on tullut itselle eteen cnc-koneella työskenneltäessä?
BobCAD	
Ohjelman periaatteet	19. <u>Opetusmateriaali</u> antaa hyvän käsityksen, miten BobCAD piirtoohjelmaa käytetään. A5. <u>Jäikö</u> ohjelman käytöstä jotain epäselvää
Piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen	16. <u>Mallitoissa</u> ohjeistetaan kattavasti ja havainnollistavasti piirtotyökalut ja niiden toiminnot. A6. <u>Jäikö</u> BobCAD osa-alueesta mielestäsi, jokin olennainen piirtotyökalu tai työstövaihe huomioimatta ( Avoin kysymys numero 6, voidaan johtaa jokaiseen laatukriteeriin riippuen vastaajan vastauksesta)
Työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen	18. <u>Työstöarvojen</u> määrittäminen on havainnollistavaa ja selkeää.
Vikojen määrittäminen (Diagnostiikka)	A8. Onko listalta vaikea löytää nimen perusteella yleinen ongelma? A9. <u>Voisiko</u> vianetsintää parantaa opetusmateriaalissa jotenkin? A10. <u>Löytyykö</u> listasta ongelmia, mitä on tullut itselle eteen cnc-koneella työskenneltäessä?
Peruskäytön ohjeistaminen	17. <u>Opetusmateriaalissa</u> käydään havainnollistavasti läpi, kuinka piirroksista muodostetaan G-koodi. <u>Horizontal (Category) Axis</u> 20. <u>Hallitsen</u> mielestäni opetusmateriaalin avulla BobCAD piirtoohjelman. A5. <u>Jäikö</u> ohjelman käytöstä jotain epäselvää? (Avoin kysymys numero 5 voidaan johtaa jokaiseen laatukriteeriin riippuen vastaajan vastauksesta)
Tuotesuunnittelu	
Ohjeistava	7. <u>Opetusmateriaali</u> ja mallityöt avustivat oman CNC-jyrsimellä tuotetun tuotteen suunnittelussa.
Työnsuunniteluun tarvittava informaatio	15. <u>Mallitöiden</u> ohjeistusta soveltamalla pystyn suunnittelemaan ja piirtämään omia töitäni. A11. <u>Auttoiko</u> ideagalleria keksimään jyrsimellä tehtäviä tuotteita?
Käsityötajun edistäminen	Yleinen analyysi



Taulukoissa (Taulukko 2a ja 2b) on eritelty, miten käyttäjiltä kerätään informaatiota eri laatutavoitekriteereihin. Kysymykset on rakennettu konkreettisista laatukriteereiden sisällöistä, jotta kysymyksien muotoilu ja kysymyksen tarkkuus saataisiin mahdollisimman tarkaksi. Taulukossa ei ole erikseen eritelty laatutavoitteista johdettuja konkreettisia laatukriteerien sisältöjä. Taulukko laatutavoitteista johdetuista sisällöistä löytyy kappaleesta 3.1 (ks. Taulukko 1). Kysymyksien määrä liittyy puhtaasti kysyttävän osa-alueen laatukriteerin laajuuteen. Esimerkiksi jyrsimen peruskäytön ohjeistamisen-laatukriteeri käsittää viisi suljettua ja yhden avoimen kysymyksen. Kyseinen aihe-alue on huomattavasti laajempi kuin BobCAD-osa-alueen: työstöarvojen määrittämisen-laatukriteeri, joka käsittää vain yhden kysymyksen.

Suljettujen ja avoimien kysymykset on sommiteltu siten, että saisimme mahdollisimman laajasti informaatiota jokaiselta osa-alueelta. Jokaisen osa-alueen laatukriteerit pitävät sisällään suljettuja kysymyksiä ja osa sisältää avoimia kysymyksiä. Avoimet kysymykset on pyritty muotoilemaan siten, että niihin on myös mahdollista kertoa lisäinformaatiota muidenkin laatukriteerien suljetuilla kysymyksillä. Esimerkiksi BobCAD osa-alueen peruskäytön ohjeistamisen laatukriteerin A5 kysymyksellä voidaan saada lisäinformaatiota kaikkiin BobCAD osa-alueen laatukriteereihin. Kyselylomakkeen sisältö muodostui lopulta 25 suljetusta kysymyksestä sekä 11 avoimesta kysymyksestä (ks. Liite 2)

Opetusmateriaalimme laatutavoiteteoreeman pitää sisällään myös laatutavoitteita, joiden arvioimiseen ei tarvita käyttäjän arviointikokemuksia. Opetusmateriaalin valmistamiseen liittyviä laatutavoitteita arvioidaan valmistamalla opetusmateriaali laatutavoitteiden mukaisesti. Esimerkkinä tästä voidaan pitää opetusmateriaalin käytettävyyden laatutavoitetta, joka voidaan todentaa valmistamalla tuote PowerPoint-ohjelmistolla.

### **5.1.2 Laatutavoitedimensioiden määrittely**

Laatutavoite-dimension määrittely on vähimmäisvaatimustason määrittelyä eli kunkin laatuominaisuuden vaikutus käyttökohteessa ennakoidaan ja selvitetään mille tasolle ominaisuuksien on oltava, jotta vaikutus on riittävä (Metsärinne & Kallio 2011b, 51). Opetusmateriaalin laatutavoite dimensioiden määrittäminen on opetusmateriaalissa hyvinkin haasteellista, koska emme pysty rajaamaan konkreettista raja-arvoa laatutavoitteille minkään teoreettisen mitta-asteikon mukaan. Tästä johtuen tutkimuksesamme pyrimme vain selvittämään, toteutuuko yksilöidyt laatutavoitteet opetusmateriaalissamme vai eivät sekä miltä osin ne jäivät toteutumatta.

Laatutavoitteiden toteutumiseen eli laatutavoitedimensioiden luomiseen olemme käyttäneet Linkertin- asteikon arviointikohtia ja määrittelyyn sitä, että toteutuuko laatutavoite vai ei. Olemme jakaneet Linkertin- asteikon numerokohdat 1-5 eli täysin samaa mieltä ja täysin erimieltä olevan arvoasteikon kolmeen alueeseen, negatiiviseen, passiiviseen ja positiiviseen. Näillä asteikoilla arvioidaan laatutavoitetta. Negatiivisella alueella, numeroarvoilla 1-2, on laatutavoitetta heikentävä vaikutus. Passiivisella alueella, numeroarvolla 3, ei ole laatutavoitetta vahvistavaa vaikutusta. Positiivisella alueella, numeroarvolla 4-5, on laatutavoitetta vahvistava vaikutus. Laatutavoiteteoreeman testauksen kannalta otamme lähempään tarkasteluun vain negatiivisella sekä passiivisella alueella olevat tulokset. Tästä johdettuna voidaan todeta, että laatutavoitteiden vähimmäisvaatimustaso on laatutavoitteen positiivinen alue. Passiivinen alue saattaa vaikuttaa tutkimuksen kannalta turhalla, mikäli tavoitteena on todentaa laatutavoiteteoreeman todeksi tai epätodeksi. Passiivisella alueella eli numeroarvolla 3, joka tarkoittaa kyselylomakkeessamme ”ei samaa, eikä eri mieltä”, on merkitys opetusmateriaalimme jatkokehityksen kannalta. On selvää, että saamme tutkimustuloksista lisäinformaatiota opetusmateriaalin kehittämiseen, vaikkemme käyttäisi ollenkaan passiivista aluetta. Passiivisella alueella saamme käyttäjiltä tarkempaa tietoa, kun emme pakota käyttäjää valitsemaan pelkästään positiivisen ja negatiivisen vaihtoehtojen väliltä. Tietenkin passiivinen alue kuin negatiivisenkin alue on opetusmateriaalin kehittämisen kannalta hyödytön ilman käyttäjän avoimen kysymyksen tarjoamaa lisäinformaatiota. Epäilemme, että mikäli vastaaja antaa vastauksen positiiviseen alueeseen, hän jättää vastaamatta avoimeen kysymykseen. Tämän vuoksi toivomme, että kyselylomakkeen vastaaja, joka olisi muutoin antanut vastauksen positiiviseen alueeseen ilman passiivisen vastauksen mahdollisuutta, antaisikin vastauksen passiiviseen alueeseen ja avaisi avoimella vastauksella enemmän omaa näkemystään opetusmateriaalista kysymyksen perusteella näin tarjoten meille lisää tietoa opetusmateriaalin kehittämiseen.

### **5.1.3 Aineiston keruu ja kohdejoukon kuvaus**

Tiedonkeruun muotona tulemme käyttämään kyselytutkimusta, joka on tehokas kirjallinen tiedonkeruutapa, jossa kykenemme käyttämään sekä suljettuja että avoimia kysymyksiä. Kirjallisen tiedonkeruutavan hyöty tutkimuksessamme tulee siinä, että opiskelijat voivat riippumatta ajasta ja fyysistä paikasta täyttää kyselyn valitsemanaan ajankohtana.

Vaikka kysely tiedonkeruu menetelmänä mielletään yleensä kvantitatiivisen lähestymistavan menetelmäksi, soveltuu kyseinen tiedonkeruumenetelmä myös kvalitatiiviseen lähestymistapaan. Soveltaminen vaatii, että otantaryhmästä yritetään selvittää mielipiteitä, ominaispiirteitä tai uskomuksia. Tämä vaatii, että kirjallinen kyselylomake sisältää avoimia kysymyksiä, suljettuja tai strukturoituja kysymyksiä käytetään usein tutkimuksissa tukemaan kvalitatiivista aineistoa. (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 135; Vehkalahti 2014, 13.) Suljettujen kysymyksien kyselymuotona käytämme 5-portaista Likertin-asteikkoa, jolla mitataan useasti tyytyväisyyttä, motivaatiota tai jotain muuta sisäistä subjektiivista tuntemusta (Metsämuuronen 2009, 71). Avoimien kysymyksien esittämisessä käytämme avonaisista kysymyksistä koostuvaa kyselyä, johon voi vapaasti vastata kirjallisena siihen varattuun tilaan (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 130).

Testauksen kohdeperusjoukkona toimivat käsityöaineenopettajaopiskelijat. Kehikkoperusjoukoksi puolestaan kutsutaan niitä kohdeperusjoukon yksilöitä, joiden avulla otoksen tiedon keruu tapahtuu (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 118). Kehikkoperusjoukkona toimivat KSS6.4 käsityöainekoulutuksen syventävän kurssin opiskelijat. Kurssin aihealue keskittyy CNC-tekniikan sovelluksiin, joita Rauman opettajakoulutuslaitoksella on tarjota. Syil x5 Pro kuuluu yhtenä osana kurssin aihe-alueeseen ja tämä luo otollisen olosuhteen niin opetusmateriaalin testaukselle kuin kehikkoperusjoukon muodostamiselle kurssin opiskelijoista. Kehikkoperusjoukon otantakokona pidämme kaikkia kursseilla opiskelevia opiskelijoita (35) ja odotamme jokaiselta vastausta kyselylomakkeeseen. Kehikkoperusjoukon laajuus eli kyselyyn vastaavien opiskelijoiden määrä ei ole niin ratkaisevaa kuin tulkintojen kestävyys ja syvyys (Eskola & Suoranta 2003, 60—61).

Aineiston keruu tapahtui KSS6.4 kurssin aikataulujen mukaisesti. Kurssilla oli käsityöaineopiskelijoita 35 kpl vuosiluokalta 4 ja 5. Metall CNC-tekniikkaa aloitettiin käsittelemään kurssin demonstraatiotunnilla syksyllä 2017. Kyseisellä tunnilla opetusmateriaali annettiin opiskelijoiden käyttöön. Demonstraatiotunnilla esittelimme kehikkoperusjoukolle tutkimuksenaiheen ja siihen liittyvät aineiston keruun menetelmät. Demonstraatiotunnilla kehikkoperusjoukko jaettiin pareiksi ja maksimissaan neljän hengen ryhmiksi. Jokaisen ryhmän ja parin kanssa sovittiin viikon sisään noin 15 minuutin tapaamisaika, jossa lyhyesti ohjeistimme opetusmateriaalin käyttöperiaatteen käytön helpottamiseksi. Samalla ohjeistimme opiskelijoita vastaamaan kyselylomakkeeseen kahden viikon kuluessa siitä, kun he olivat tutustuneet ja käyttäneet opetusmateriaalia omassa työskentelyssään Syil x5 Pro-jyrsimellä. Aineiston keruu tapahtui viikon 41- 43 aikana.

Jokaista vastaajaa kehoitettiin vastaamaan itsenäisesti kyselyyn. Lopulta kyselyyn vastasi 29 opiskelijaa KSS6.4 kurssilta. Kyselyn perusteella vastaajista 21 kpl oli kokemattomia

koneen käyttäjiä ja 8 kpl kokeneita koneen käyttäjiä. Kokemattoman käyttäjän kriteeriksi määriteltiin henkilö joka on saanut vain perehdytyksen koneelle, mutta ei ole tehnyt sillä mitään tuotetta. Kokeneeksi käyttäjäksi määriteltiin henkilö joka on tehnyt cnc-jyrsimellä ainakin yhden tuotteen. Jokainen vastaaja sai itse päättää, kuinka intensiivisesti ja laajasti opetusmateriaaliin tutustuivat.

#### **5.1.4 Aineiston analysointi**

Sisältöanalyysissä pyritään saamaan tutkittavasta ilmiöstä kuvaus tiivistetyssä muodossa. Informaation pyritään tiivistämään mahdollisen kompaktiin muotoon kuitenkin siten, ettei aineiston informaatiota kadoteta. Aineiston käsittely on laadullista, joka näkyy aineiston tulkintojen loogisessa päättelyssä ja tulkinnassa. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 103—108.)

Teorialähtöinen sisältöanalyysi eli deduktiivinen sisältöanalyysi, perustuu aineiston analyysin luokitteluun ja tarkasteluun jonkin teorian pohjalta. Tutkimuksessa kuvaillaan kyseinen teoria tai malli, jonka mukaan määritellään tutkimuksessa kiinnostavat käsitteet. Teorian avulla analyysiin muodostuu runko, jonka pohjalta aineistoa voidaan luokittella teorian mukaisiin asiasisältöihin. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 97, 113—114.)

Aineiston analysointi tapahtui vertaamalla väittämistä saatuja tuloksia asetettuihin tavoitearvoihin. Analyysissä vertailimme kokemattomien ja kokeneiden käyttäjien välisiä keskiarvoja toisiinsa. Vaikka aineiston koko on pieni, voidaan aineistosta tehdä loogisia päätelmiä ja aineistoa voidaan analysoida hyödyntämällä määrällisen tilastoinnin menetelmiä (Metsämuuronen 2009, 56). Kyseisen ryhmän spesiaalisuuden vuoksi, menetelmää voitiin hyödyntää tutkivan tuottamisen periaatteiden pohjalta, kun yritetään selvittää toteutuvatko määritellyt kriteerit vai eivät. Määrällisten kysymysten vastauksen taulukoitiin siten, että kysymyskohtaisesti on nähtävissä, kuinka paljon eri arvosanoja kukin kohta on saanut. Suljettujen kysymyksien analysoinnissa selvitimme laatutavoitteiden keskiarvot, joiden avulla pystyimme todistamaan laatutavoitteen todeksi tai epätodeksi. Avoimia kysymyksiä analysoimalla saimme tietoa suljettujen kysymyksien ongelmakohtiin. Tämän lisäksi avointenkysymysten vastauksia analysoimalla pystyimme konkretisoimaan opetusmateriaalimme kehittämiskohteet.

### 5.1.5 Summamuuttujien muodostaminen

Summamuuttuja on mittari, johon on yhdistetty kaksi tai useampia samalla tavalla mitattua muuttujaa (Valli 2015, 121). Tutkiaksemme eri laatutavoitteita kohdistimme yksittäiseen laatutavoitteeseen useamman eri kysymyksen eli teimme niistä summamuuttujia. Näin saimme paremman varmuuden vastaajien mielipiteistä kyseistä asiaa kohtaan.

Korrelaatiokerroin, joka kertoo reliabiliteetista, saadaan mittaamalla kahta tai useampaa kysymystä ja laskemalla näiden välinen korrelaatio. (Heikkilä 2014, 178.) Vastausten perusteella teimme SPSS-ohjelmalla reliabiliteetti-analyysin, jolla saimme haettua Cronbach's alpha-arvot. Arvot kertovat, kuinka hyvin tiettyä laatutavoitetta mittaavat kysymykset mittaavat samaa asiaa. Yleisesti on vaikea määritellä, mikä arvo on tarpeeksi luotettava. Arvon ollessa 0.6 ja sitä suuremmat Cronbach's alpha-arvot ovat jo vahvasti siihen viittaavia, että kysymykset ovat samansuuntaisia toisiinsa nähden. Alfa-kertoimen suuruuteen vaikuttaa aineiston hajaantumisen lisäksi muuttujien määrä ja aineiston koko. Näitä tekijöitä kasvattamalla saadaan kerroinkin yleensä kasvamaan. (Valli 2015, 142—143.)

Taulukon 3 perusteella on nähtävissä opetusmateriaalin havainnollisuuden ja BobCADin peruskäytön ohjeistamisen saamat alle 0,6 arvot. Näitä arvoja saattaa selittää juuri muuttujien alhainen määrä, sillä näissä molemmissa on vain kaksi muuttujaa. Tämän lisäksi aineisto koko on melko pieni.

**TAULUKKO 3. Laatutavoitteen eli summamuuttujan reliabiliteetti taulukko**

Laatutavoite (summamuuttuja)	Cronbach's Alpha	N of items
Opetusmateriaali: visuaalisuus(K1,K22)	0,510	2
Opetusmateriaali: itseohjautuvuus(K2,K3,K4,K5,K6)	0,735	5
Jyrsin: peruskäytön ohjeistaminen(K9,K10,K12,K13,K14)	0,614	5
Mach3: peruskäytön ohjeistaminen(K21,K23,K24)	0,659	3
BobCAD: peruskäytön ohjeistaminen(K17,K20)	0,448	2

Kysymysten välisten korrelaatiokertoimien arvot olivat -0.091 ja 0.814 välillä, mikä vaatii tarkempaa tarkastelua vastausten hajonnan tarkastelussa (ks. Liite 1). Pienet korrelaatiokertoimet selittyvät osaksi vastausten lukumääränä. Tämän lisäksi arvosanoja on annettu vain 2 ja 5 välillä, mistä syystä hajontaa tulee niukasti. Tällöin reliabiliteetti jää teknisistä syistä matalaksi (Metsämuuronen 2009, 148)

## 6 TULOKSET

### 6.1 Ensimmäiseen alatutkimuskysymykseen vastaaminen

Tutkimuskysymyksiin vastataan kerätyn informaation perusteella. Vastauksissa on otettu huomioon, että ne edustavat aineistosta saatua yleistä olettamusta. Vastauksissa käsitellään myös muut vaihtoehtoiset vastaukset, joiden perusteella tutkimuskysymyksiin voidaan vastata. Olemme pyrkineet esittelemään ja analysoimaan tutkimustulokset mahdollisimman laajasti, sillä käsittelemämme tutkimuskysymyksiä vastaukset ovat omaa tulkintaamme aineistosta. Tutkimustuloksien esittelyn ja analyysin perusteella jokainen tutkimuksen lukija on kykeneväinen vastaamaan tutkimuskysymyksiin oman aineistopohjaisen tulkintansa mukaan ja olemaan kanssamme eriävää tai samaa mieltä. (Robson 2008, 143—144.)

#### a) Miten opetusmateriaali teknologia ja pedagogiikka toimivat opetusmateriaalin sisällön esittämiseen?

Laatutavoiteteoreemasta johdetun alatutkimuskysymyksen tarkoituksen oli saada tietoa opetusmateriaalin teknisestä, visuaalisesta ja pedagogisesta toteutuksesta. Opetusmateriaalin toteutuksella tarkoitetaan kaikkea sisällön esittämiskeinoja, joista on johdettu visuaalisuuden, itseohjautuvuuden ja motivoinnin laatutavoitteet.

**TAULUKKO 4. Opetusmateriaalin visuaalisuus laatukriteeri**

Väittämä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittämän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastusta		
K1: Opetusmateriaalikuvat ovat selkeät ja havainnollistavat.	0	1	2	19	7	0	4,1	
K22: Mach3 työohjelman toiminnot on esitelty havainnollistetusti ja selkeästi.	0	0	1	17	7	4	4,24	
A3: Parannusehdotukset opetusmateriaaliin ulkoasuun ja käyttöön liittyen?								
Opetusmateriaali: visuaalisuus							4,17	4

Opetusmateriaalin visuaalisuutta (Taulukko 4) kysyttiin kysymyksillä 1 ja 22. Taulukosta voidaan havaita, että 1. kysymys on saanut yhden negatiivisen vyöhykkeen merkinnän eli arvon 2. Tämän merkinnän on antanut käyttäjä 4 (ks. Taulukko 17).

**Käyttäjä 4** oli kommentoinut negatiivisen vyöhykkeen vastaustaan, avoimeen kysymykseen seuraavasti: ” Kuvat pieniä, joista hankala saada selvää. Ohjelman ulkoasu oli osittain erilainen kuin ohjeessa (yläpalkki puuttui)”.

**TAULUKKO 5. Opetusmateriaalin itseohjautuvuus laatukriteeri**

Väittämä	Vastausvaihtoehdot						väittämän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastausta		
K2: Opetusmateriaalin selaus ja navigointi on helppoa ja loogista.	0	0	0	14	15	0	4,52	
K3: Ohjeistuksen tekninen sanasto oli ymmärrettävästi selitetty.	0	0	2	16	11	0	4,31	
K4: Materiaalin ohjeistuksen kerronta oli selkeä (selitykset/ohjeistus).	0	0	5	19	5	0	4	
K5: Opetusmateriaali tuki hyvin Cnc-jyrsimellä tapahtunutta itsenäistä työskentelyä	0	0	5	13	11	0	4,21	
K6: Opetusmateriaali eteni loogisesti ja johdattelevasti	0	0	4	17	8	0	4,18	
<b>Opetusmateriaali: Itseohjautuvuus</b>							<b>4,23</b>	<b>4</b>

Opetusmateriaalin itseohjautuvuus (Taulukko 5) sai pelkästään positiivisia ja passiivisia vastauksia ja kaikkien väittämien tavoitearvot saavutettiin.



**TAULUKKO 6. Opetusmateriaalin motivaation laatuksiteeri**

Väittäjä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K8: Kiinnostukseni cnc-työstöön kohden lisääntyi opetusmateriaalin avulla	0	0	8	12	9	0	4,03	
<u>A2: Kuinka innostukseni metalli cnc-jyrsintä kohtaan lisääntyi/vähentyi tutustuttuani opetusmateriaaliin ja miksi?</u>								
<b>Opetusmateriaali: Motivaatio</b>							4,03	4

Opetusmateriaalin motivaatiota (Taulukko 6) tarkasteltiin yhdellä suljetulla ja yhdelle avoimella kysymyksellä. Suljetussa kysymyksessä saavutettiin tavoitearvo eikä yhtään vastausta tullut negatiiviselle alueelle. Useimmissa motivointiin liittyvässä avoimen kysymyksen vastauksessa ilmenee, että käyttäjät ovat jopa yllättyneet CNC-jyrsimen käytön helppoudesta. Ohessa on muutamia käyttäjien vastauksia kysymykseen.

**A2: Kuinka innostukseni metalli CNC-jyrsintä kohtaan lisääntyi/vähentyi tutustuttuani materiaalin ja miksi?**

**Käyttäjä 26:** ”Laite itsessään pelottava → opetusmateriaali antoi ”toivoa” siihen, että laitetta voisi joskus käyttää itsenäisesti. Ohjeet perusteelliset. Jokainen yksityiskohta käyty vaihe vaiheelta läpi. Nuolet, värit ympyröinnit tukivat ymmärtämistä.

**Käyttäjä 23:** ”Laite osoittautuikin suht helpoksi laitteeksi ja käyttömahdollisuudet ”Rajattomat”

**Käyttäjä 19:** ”Koneen käyttäminen olikin yllättävän helppoa”

Selkeästi eriteltävään ongelmakohtaa ei opetusmateriaalin osa-alueeseen avoimen kysymyksen vastauksien perusteella löytynyt. Parannusehdotuksiin liittyvässä avoimessa kysymyksessä oli kuitenkin joitakin käyttäjien ehdottamia konkreettisia muutoksia. Muutokset liittyivät kuvien kokoon, hakuvalikon lisäämiseen, valikkojen johdonmukaisuuteen sekä opetusmateriaalinkuvien päivittämiseen. Ohessa on muutamia käyttäjien antamia parannusehdotuksia, joita nousi esille vastauksissa.

### **A3: Parannusehdotukset opetusmateriaaliin ulkoasuun ja käyttöön liittyen?**

**Käyttäjä 6:** *"Kirjoitusvirheitä on jonkin verran. Ohjelmistopäivityksen myötä opetusmateriaali ei vastaa muutamissa kohdissa piirto-ohjelmaa."*

**Käyttäjä 12:** *"Hiukan ehkä 1997 vuodelta. Ulkoasussa parannettavaa, valikot voisivat olla ehkä vielä johdonmukaisemmat."*

Kokeneiden ja kokemattomien CNC-käyttäjäryhmien välillä ei ole laatutavoite- keskiarvojen perusteella kovinkaan merkittävää eroa ja vastaukset ovat samansuuntaisia (ks. Kuvio 8). Pieni ero on havaittavissa opetusmateriaalin motivoinnin kohdalla, jossa kokeneet käyttäjät ovat vastanneet hieman korkeammin kuin kokemattomat.

Opetusmateriaalin eri taitotasojen huomioimiseen liittyvän avoimen kysymyksen vastauksien perusteella voidaan havaita, että kokeneille käyttäjille opetusmateriaali toimi lähinnä muistin tukena jyrsimen työstöpolkujen muistamisessa sekä jyrsimen ominaisuuksien ja rajoitteiden tunnistamisessa. Kokemattomille opetusmateriaali tuki itsenäistä työstöä ja auttoi käyttäjää etenemään koko tuottamisprosessin ajan. Tässä on esimerkkejä käyttäjien vastauksista avoimeen kysymykseen.

#### **A1: Toimiko opetusmateriaali tukena omalle taitotasolle?**

**Kokenut käyttäjä 7:** *"Auttoi perehtymään tämän kyseisen koneen ominaisuuksiin ja rajoitteisiin"*

**Kokenut käyttäjä 10:** *"hyvin toimi muistin tukena pitkän tauon jälkeen"*

**Kokematon käyttäjä 24:** *"Toimi. Sain piirroksen tehtyä ja toimi samalla muistinpalautuksena mitä piti tehdä seuraavaksi."*

### **6.1.1 Vastauksen yhteenveto**

Opetusmateriaalin visuaalisuus (ka=4,17) väittämän ja avoimien kysymyksien vastauksien perusteella, voidaan todentaa visuaalisuuden olevan hyvällä tasolla. Visuaalisuus sai

käyttäjiltä myös kritiikkiäkin ulkoasusta. Kuvien toivottiin olevan tarkempia ja opetusmateriaalia pyydettiin päivittämään.

Edellisen laatutavoitteen tavoin, opetusmateriaalin itseohjautuvuus ( $ka=4,23$ ) oli käyttäjien antamien tulosten mukaan hyvin toteutettu. Avoimien kysymyksien kommentissa nousi kuitenkin esille valikkorakenteen käytön helpottaminen tai selkeyttäminen.

Opetusmateriaalin motivoinnin laatutavoite ( $ka=4,03$ ), todettiin olevan hyvällä tasolla. Motivointiin liittyvien avoimien kysymyksien vastaukset eivät suoranaisesti vastanneet, kuinka hyvin saimme käyttäjät motivoituneeksi Syil x5 Pro:n käytöstä. Käyttäjien vastauksista pystyi havaitsemaan, että käyttäjät ovat kokeneet jyrsimen käytön hankalaksi, mutta opetusmateriaalin avulla sitä on pystytty helpottamaan.

Taitotasot huomioon ottavan avoimen kysymyksen vastauksista pystyttiin tekemään tulkinta siitä, että opetusmateriaali toimi kokemattomille ja kokeneille käyttäjille hieman eri tavoin. Suurimman hyödyn opetusmateriaalista sai kokemattomat käyttäjät, sillä heille opetusmateriaalin toteutus ja sisältö tarjosi uuden oppimista. Kokeneet käyttäjät käyttivät opetusmateriaalia Syil x5 Pro:n ominaisuuksien selvittämiseen tai koneen käytön muistamisen tukena.

## **6.2 Toiseen alatutkimuskysymykseen vastaaminen**

### **b) Kuinka opiskelijat oppivat opetusmateriaalin sisällön perusteella Syil x5 Pro- jyrsimen peruskäytön?**

Kuten edeltävässä alatutkimuskysymyksessä myös tässäkin alatutkimuskysymyksessä pyrittiin vastaamaan laatutavoiteteoreemasta johdettuun tutkimuskysymykseen. Laatutavoiteteoreemassa korostettiin opetusmateriaalin Syil x5 Pron:n sisällön osa-alueiden ohjeistamista sisällön esittämisen lisäksi. Jokaisen osa-alueen sisällöstä rakennettiin laatutavoitteisto.

## Jyrsinyksikön osa-alue

Jyrsinyksikkö osa-alueen laatutavoitteet: jyrsinyksikön peruskäytön ohjeistaminen (Taulukko 7) ja jyrsinyksikön turvallinen käyttö (Taulukko 8) ylittivät vastauskeskiarvoillaan vähimmäistason 4. Kokeneiden ja kokemattomien laatutavoitekohtaisissa keskiarvoissa ei ole kovinkaan suuria eroja (ks. Kuvio 8).

**TAULUKKO 7. Jyrsinyksikön peruskäytön ohjeistamisen laatukriteeri**

Väittämä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittämän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastaus-tausta		
K9: Perehdytysvideo on informatiivinen ja hyödyllinen.	0	0	1	14	12	2	4,41	
K10: Opetusmateriaalin jyrästä käsittelevä osio on tarpeeksi kattava.	0	0	3	13	10	3	4,27	
K12: Oikeiden leikkunopeuksien ohjeistus on toteutettu selkeästi.	0	1	7	13	5	3	3,85	
K13: Työstöarvojen määrittämisen kuvat olivat havainnollisia ja selkeitä	0	0	8	9	9	3	4,04	
K14: Hallitsen opetusmateriaalin avulla Syil 5xpro-jyräsimen fyysisen.	0	0	2	10	14	3	4,46	
A4: <u>Jäikö</u> perehdytysvideosta mielestäsi puuttumaan jotain tarpeellista?								
<b>Jyrsinyksikkö: Peruskäytön ohjeistaminen</b>							4,20	4

Jyrsinyksikön peruskäytön ohjeistamista (Taulukko 7) kysyttiin kysymyksillä 9, 10, 12, 13 ja 14. Kysymys 12 on saanut käyttäjältä 19 arvon negatiiviselle vyöhykkeelle.

**Käyttäjä 19** kommentoi avoimeen kysymykseen: ” *Tabs-valikko (lisätty ilmeisesti jälkikäteen)* ”.

Jyrsinyksikön osa-alue rakentui opetusmateriaalissa melkein kokonaisuudessaan perehdytysvideon ympärille. Videoon lisättäviä asioita kysyimme käyttäjiltä avoimessa kysymyksessä A4.

**A4: ”Jäikö perehdytysvideosta mielestäsi puuttumaan jotain tarpeellista?”**

Yksittäisiltä käyttäjiltä tuli joitakin lisättäviä kohtia kuten, kuinka paljon leikkuunestettä tulisi olla? Työstön aikana tapahtuvat tilanteet? Työstämiseen kuluvan ajan arviointi? Kuinka CNC-jyrsin putsataan?

**Käyttäjä 13:** ”Videolla olisi voinut näyttää työstön lopun sekä jälkien siivouksen”

**Käyttäjä 17:** ”AIKA. Kuvia töistä, joiden vieressä kerrotaan kauan meni työstöön aikaa”

**TAULUKKO 8. Jyrsinyksikön turvallisen käytön laatukriteeri**

Väittämä	Vastausvaihtoehdot						väittämän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastaus		
K11: Opetusmateriaalin jyrsintä käsittelevä osio antaa mielestäsi tarvittavat tiedot koneen turvalliseen käyttöön.	0	0	1	14	11	3	4,38	
<b>Jyrsinyksikkö: Turvallinen käyttö</b>							4,38	4

Jyrsinyksikön turvallista käyttöä koskevan kysymyksen (Taulukko 8) vastaukset painotuivat vahvasti positiiviselle alueelle, mikä näkyy tavoitearvon saavuttamisena.

### ***Mach3 osa-alue***

Mach3 osa-alueen laatutavoitteisiin kuuluivat Mach3 peruskäytön ohjeistaminen (Taulukko 9), Mach3 ohjelman turvallinen käyttö (Taulukko 10), sekä vikojen määrittelyn laatutavoite, jota kysyttiin vain avoimilla kysymyksillä A8, A9 ja A10. Vikojen määrittelyn laatutavoitteen tulokset käydään omana osiona läpi myöhemmin yleiset ongelmat osiossa. Kokeneiden ja kokemattomien käyttäjien välillä ei tässä osa-alueessa ollut merkittäviä eroja (ks. Kuvio 8).

**TAULUKKO 9. Mach3 peruskäytön ohjeistamisen laatukriteeri**

Väittäjä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K21: Opetusmateriaali antaa hyvän käsi- tyksen mihin Mach3 työstöohjelmaa käyte- tään.	0	0	2	16	7	4	4,2	
K23: Opetusmateriaalissa käydään selke- ästi vaiheittain mach3 työstöohjelman käyttö.	0	0	0	14	11	4	4,44	
K24: Hallitsen opetusmateriaalin avulla mach3 työstöohjelman.	0	1	8	10	6	4	3,84	
A7. <u>Jääkö</u> Mach3 työstöohjelman esit- telystä mielestäsi puuttumaan jotain?								
Mach3: Peruskäytön ohjeistaminen							4,16	4

Mach3 peruskäytön ohjeistaminen (Taulukko 9) saavutti tavoitearvon, vaikka K24 väit-  
tämän arvo jäikin alle tavoitearvon. Kysymys 24 oli saanut yhden negatiivisen arvon  
käyttäjältä 19.

**Käyttäjä 19** oli kommentoinut avoimeen kysymykseen: ” Koneen ja ohjelman hahmot-  
taminen vaikeaa (peilikuva) ”

Mach3 osa-alueen kehittäminen tapahtui avoimella kysymyksellä A7, jossa kysyttiin:  
**Jääkö Mach3 työstöohjelman esittelystä mielestäsi puuttumaan jotain?** Vastauksia  
läpikäydessä havaitsimme, että kyseiseen avoimeen kysymykseen vastattiin yleisesti aika  
vähän. Muutamia vastauksia saimme koskien, mistä kohtaa kappaletta jyrähtä olisi hyvä  
aloittaa? Kuinka työstö saadaan pysäytettyä sekä jatkettua. Käyttäjät kaipaivat myös  
selityksiä joihinkin työstövalikon toimintoihin.

**Käyttäjä 8:** ”Aika paljon nappuloita, joita ei selitetty, mutta ovat varmaan hyödyttömiä  
peruskäytössä”

**Käyttäjä 18:** ”Kannattaako työstö aloittaa työn keskeltä vai jostakin muualta”

**TAULUKKO 10. Mach3 turvallisen käytön laatukriteeri**

Väittäjä	Vastausvaihtoehdot						väittäjän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastusta		
K25: Tiedän miten Mach3 työohjelma pysäytetään kesken työstämisen.	0	0	0	3	22	4	4,88	
<b>Mach3: Turvallinen käyttö</b>							4,88	4

Mach3 turvallisen käytön (Taulukko 10) väittämää kysyttiin ainoastaan kysymykselle 25 ja se sai pelkästään positiivisen alueen vastauksia.

### **BobCAD osa-alue**

BobCAD piirto-ohjelman laatutavoitteisiin kuuluivat: piirtotyökalujen ohjeistaminen (Taulukko 11), työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen (Taulukko 12) ohjelman periaatteet (Taulukko 13), peruskäytön ohjeistaminen (Taulukko 14) sekä vikojen määrittäminen. Vikojen määrittämiseen sisältyivät samat avoimet kysymykset, kun Mach3 vikojen määrittämisessä. Näiden kysymyksien vastauksia BobCAD piirto-ohjelman kannalta esitetään myöhemmin. Kokemattomien ja kokeneiden käyttäjien välillä ei BobCAD osa-alueen osiossa ollut merkittäviä eroja. Pieni ero oli kuitenkin BobCAD työstöarvojen määrittelyn ohjeistamisessa, jossa kokeneet käyttäjät olivat antaneet hiukan korkeammat arvosanat kuin kokemattomat käyttäjät (ks. Kuvio 8).

**TAULUKKO 11. BobCAD piirtotyökalujen käytön ohjeistamisen laatukriteeri**

Väittämä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K16: Mallitöissä ohjeistetaan kattavasti ja havainnollistavasti piirtotyökalut ja niiden toiminnot.	0	0	4	18	7	0	4,10	
A6. <i>Jäikö BobCAD osa-alueesta mielestäsi, jokin olennainen piirtotyökalu tai työstövaihe huomioimatta</i>								
<b>BobCAD: Piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen</b>							4,1	4

BobCAD-piirtotyökalujen käytön ohjeistamisen (Taulukko 11) väittämää kysyttiin kysymykselle K16 sekä avoimella kysymyksellä A6. Väittämä saavutti tavoitearvon, eikä vastauksissa tullut yhtään negatiivisen alueen vastausta

**TAULUKKO 12. BobCAD työstöarvojen määrittelyn ohjeistamisen laatukriteeri**

Väittämä	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K18: Työstöarvojen määrittäminen on havainnollistavaa ja selkeää.	0	0	4	19	5	1	4,04	
<b>BobCAD: Työstöarvojen määrittelyn ohjeistaminen</b>							4,04	4

BobCAD työstöarvojen määrittelyn ohjeistamisen väittämä (Taulukko 12) ylsi tavoitetasoon 4, eikä vastauksissa tullut yhtään negatiivisen alueen vastausta.



**TAULUKKO 13. BobCAD ohjelman periaatteiden laatukriteeri**

Väittäjä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K19: Opetusmateriaali antaa hyvän käsi- tyksen, miten BobCAD piirto-ohjelmaa käytetään.	0	1	11	11	6	0	3,76	
A5. Jäikö ohjelman käytöstä jotain epäselvää								
<b>BobCAD: Ohjelman periaatteet</b>							3,76	4

**TAULUKKO 14. BobCAD peruskäytön ohjeistamisen laatukriteeri**

Väittäjä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittämän arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K17: Opetusmateriaalissa käydään ha- vainnollistavasti läpi, kuinka piirroksista muodostetaan G-koodi.	0	0	6	12	10	1	4,14	
K20: Hallitsen mielestäni opetusmateriaa- lin avulla BobCAD piirto-ohjelman.	1	3	14	8	3	0	3,31	
A5. Jäikö ohjelman käytöstä jotain epäselvää?								
<b>BobCAD: Peruskäytön ohjeistaminen</b>							3,72	4

Ohjelman periaatteet (Taulukko 13) ja peruskäytön ohjeistamisen (Taulukko 14) laatutavoitteet eivät yltäneet määritellyyn tavoitetasoon vaan jäivät sen alle. Ohjelman periaatteen saivat keskiarvon 3.72 ja peruskäytön ohjeistaminen 3.76. Ohjelman periaatteita kysyttiin kysymyksellä 19, josta tuli yksi negatiivinen arvo ja passiivisten arvojen lukema oli 11. Peruskäytön ohjeistamisen kysymyksessä 20 oli neljä negatiivista merkintää ja passiivisten arvojen lukema oli 14. Negatiivisen arvon saaneet kohdat ovat esillä kappaleessa 6.3 (Taulukko 17), missä käyttäjien avointen kysymysten vastaukset ovat nähtävissä.

**Käyttäjä 19** oli kommentoinut kysymyksien 19 ja 20, negatiivisen arvon vastauksiaan seuraavan laisesti: ”*BobCAD oli todella hankala esim. mittojen määrittämiseen*”

**Käyttäjä 22** oli kommentoinut kysymyksen 20 negatiivisen arvon vastaustaan: ”Kaarien ym. monimutkaisempien muotojen piirtäminen. Olisin kaivannut tarkempaa piirtotyökalujen esittelyä”.

Ohjelman periaatteiden ja peruskäytön ohjeistamisen laatutavoitteet saivat paljon passivisia arvoja, sekä keskiarvo jäi alle tavoitellun arvon 4. Tästä syystä käymme A5 ja A6 avointen kysymyksien vastaukset tehostetusti läpi.

**A5. Jäikö ohjelman käytöstä jotain epäselvää?** Kysymyksen vastauksien perusteella voidaan yleistää, että käyttäjät kokivat piirto-ohjelman toiminnot erittäin haastavaksi, joka johtui piirtotyökalujen hankalasta käytöstä. Useimmat kommentit viittasivat opetusmateriaalin päivittämiseen. Joissakin yksittäisissä kommenteissa kyseltiin lisää piirtotyökalujen ohjeistamista viitaten siihen, että opetusmateriaalissa käydään läpi vain joitakin piirtotyökaluja. G-koodin arvojen määrittäminen aiheutti myös jotakin kommentteja, koska käyttäjät eivät ymmärtäneet kaikkien arvojen merkitystä.

**Käyttäjä 26:** ”*Vasta yhden harjoitustyön tehneenä ohjelma ei tunnu vielä selvältä. Ohjelma/kone monimutkainen ja opetusmateriaali siksi paljon → kaikkea ei ole pystynyt omaksumaan, mutta se ei johdu opetusmateriaalista vaan itse koneesta/ohjelmasta.*”

**Käyttäjä 3:** ”*Eri ohjelmistopäivitykset → toimintoja eri paikoissa*”

**Käyttäjä 22:** ”*Olisin kaivannut tarkempaa piirtotyökalujen esittelyä Kaarien ym. monimutkaisempien muotojen piirtämiseen*”

**A6. Jäikö BobCAD osa-alueesta mielestäsi jokin olennainen piirtotyökalu tai työstövaihe huomioimatta?** Kysymykseen kommentoitiin yleisesti, että ohjeistetuilla piirto-työkaluilla pärjäsivät. Joitakin yksittäisiä kommentteja oli siitä, että työstövaiheet olivat vaikeasti ymmärrettäviä. Näistä mainittuna olivat G-koodin määrittelyn jälkeinen G-koodin laskeminen, kappaleen pyörittäminen sekä pienen kaiverruksen luominen.

**Käyttäjä 2:** ”*Pienen tekstin kaiverruksessa ongelmia*”

**Käyttäjä 3:** ”*Jäi epäselväksi kumpaa pitää painaa: Finish vai compute + simulaatiopainike (löytyi modulesta).*”

## Tuotesuunnittelun osa-alue

Tuotesuunnittelun osa-alueeseen kuuluvat ohjeistavan (Taulukko 15) ja oman työn suunnitteluun liittyvän informaation (Taulukko 16) laatutavoitteet. Molempien laatutavoitteiden vastauksien keskiarvo ylittivät vähimmäistavoitetason. Käyttäjäryhmien välillä on havaittavissa selkeä ero laatutavoitteiden keskiarvossa (ks Kuvio 8). Kokemattomat käyttäjät antoivat keskimääräisesti paremmat vastausarvot kuin kokeneet käyttäjät.

**TAULUKKO 15. Tuotesuunnittelun ohjeistava laatukriteeri**

Väittäjä	Vastausvaihtoehdot						väittäjän arvo (1-5) ka	Tavoitearvo
	1	2	3	4	5	Ei vastaus- tausta		
K7: Opetusmateriaali ja mallityöt avustivat oman CNC-jyrsimellä tuotetun tuotteen suunnittelussa.	0	0	8	10	9	2	4,04	
<b>Tuotesuunnittelu: Ohjeistava</b>							4,04	4

Tuotesuunnittelun ohjeistuksen väittämää (Taulukko 15) kysyttiin kysymyksellä 7, joka ei ollut saanut yhtään negatiivista mainintaa.

**TAULUKKO 16. Tuotesuunnittelu: työnsuunnitteluun tarvittavan informaation laatukriteeri**

Väittämä/ Kysymys	Vastausvaihtoehdot						väittä- män arvo (1-5) ka	Tavoi- tearvo
	1	2	3	4	5	Ei vas- tausta		
K15: Mallitöiden ohjeistusta soveltamalla pystyn suunnittelemaan ja piirtämään omia töitani.	0	0	5	13	11	0	4,21	
A11: Auttoiko ideagalleria keksimään jyrsimellä tehtäviä tuotteita?								
Tuotesuunnittelu: Työnsuunnitteluun tarvittava in- formaatio							4,21	4

Oman työn suunnitteluun liittyvän informaation (Taulukko 16) väittämää kysyttiin kysymyksellä 15, joka ei myöskään saanut yhtään negatiivisen alueen vastausta.

Käyttäjät vastasivat runsain määrin tuotesuunnittelun osa-alueen avoimeen kysymykseen, **A11. Auttoiko ideagalleria keksimään jyrsimellä tehtäviä tuotteita?** Vastauksien joukosta voidaan yleistää, että ideagalleria toimi tuotesuunnittelun näkökulmasta siten, että se auttoi käyttäjiä ideoimaan, mitä jyrsimellä on mahdollista tehdä ja tuottaa. Tuotevalikoimaa käyttäjät toivoivat laajemmaksi.

**Käyttäjä 7:** *"Ideat/esimerkit olivat hienoja ja uskon, että ne havainnollistivat hyvin jyrsimen mahdollisuuksia tuottaa erilaisia tuotteita."*

**Käyttäjä 6:** *"Kyllä, Mutta olisi kiva, että niitä olisi enemmän. Toki internetistä voi jokainen etsiä itse ideoita."*

**Käyttäjä 11:** *"Auttoi sain monta uutta ideaa, joita en aiemmin ajatellut olevan mahdollista toteuttaa cnc-jyrsimellä."*

### **BobCAD-ja Mach3 osa-alueen vikojen määrittämisen laatutavoitteet**

BobCAD ja Mach3 vikojen määrittämisen laatutavoitteiden avointen kysymyksien vastaukset käydään yhtenäisesti läpi, sillä ne yhdistyvät opetusmateriaalissakin samaan aihealueen, kuin yleiset ongelmat. Laatutavoitteita kysyttiin ainoastaan avoimilla kysymyksillä.

**A8. Onko listalta vaikea löytää nimen perustella yleinen ongelma?** Käyttäjien yleinen mielipide oli, että listalta oli helppo löytää ongelma nimen perusteella. Toisaalta haastavaksi koettiin oman ongelman nimeäminen. Käyttäjät eivät välttämättä tunnistanee omaa ongelmaansa.

**Käyttäjä 26:** *"Ei ole vaikeaa. Löysin helposti oman harjoitukseni työstöön ja ohjelmointiin liittyvät ongelmat listalta."*

**Käyttäjä 11:** *"Mielestäni listalta on helppo löytää yleiset ongelmat, mutta ongelman nimeäminen ohjelmassa haastavaa, ei ole helppoa nähdä missä vika on."*

**A9. Voisiko vian etsintää parantaa materiaalisissa jotenkin?** Kysymyksessä havaittiin, että käyttäjiltä tuli parannusehdotuksia hakupalkin lisäämiseen ja käyttäjien omien ongelmien listaamiseen.

**Käyttäjä 10:** *"Opiskelijoilta kerättävällä palautteella, jatkuva käytäntö tavaksi"*

**Käyttäjä 24:** *"Hakusanalla etsiminen"*

**A10. Löytyykö listasta ongelmia, mitä on tullut itsellesi eteen CNC-koneella työskennellessäsi?** Kysymykseen käyttäjiltä tuli vastauksia työstön pysäytyksestä sekä jatkamisesta, piirroksen siivoamisesta, kierrosnopeuksista sekä leikkuunopeuksista. Näihin ei ollut yleisistä ongelmista löytynyt vastausta.

### **6.2.1 Vastauksen yhteenveto**

Jyrsinyksikön osa-alue sisältö jakautui jyrsimen peruskäytön ohjeistamiseen ( $K_a=4,20$ ) ja jyrsinyksikön turvalliseen käyttöön ( $K_a=4,38$ ). Näiden sisällön tuottaminen onnistui tuloksien perusteella hyvin. Käyttäjät olivat kuitenkin toivoneet koneen huoltoon ja työstöön liittyvien kohtien lisäämistä ohjeistusvideoon.

BobCAD sisältö oli opetusmateriaalin laajin ja moniulotteisin. Tästä johtuen osa-alueeseen sisältyi eniten laatutavoitteita. Sisällöllisistä laatutavoitteista BobCAD ohjelman periaatteet ( $K_a=3,76$ ) ja BobCAD peruskäytön ohjeistaminen ( $K_a=3,72$ ), pärjäsivät heikoimmin tavoitetasoon nähden. Käyttäjät kokivat ohjelmiston osittain niin haastavaksi, että kokonaisuutta oli hyvin vaikea hahmottaa opetusmateriaalinkin avulla. Loput sisällölliset laatutavoitteet piirtotyökalujen käytön ohjeistaminen ( $K_a=4,10$ ) ja työstöarvojen määrittäminen ( $K_a=4,04$ ) toimivat käyttäjien mielestä tavoitetason mukaisesti. Käyttäjät kuitenkin kommentoivat, että he olisivat kaivanneet lisää eri piirtotyökalujen esittelyjä sekä selkeyttä työstöarvojen määrittelyssä.

Mach3-ohjelman sisällön laatutavoitteet: Mach3-ohjelman peruskäytön ohjeistaminen ( $K_a=4,16$ ) ja Mach3 turvallinen käyttö ( $K_a=4,88$ ) onnistuivat tavoitetason mukaisesti. Käyttäjät tosin toivoivat laajempaa ohjeistamista Mach3-ohjelman ominaisuuksien käyttöön. Kriittikkiä aiheutti erityisesti Mach3-ohjelman päivitetty versio, joka erosi hieman opetusmateriaalin versiosta.

Tuotesuunnittelun ohjeistaminen ( $K_a=4,04$ ) ja tuotesuunnitteluun tarvittavan informaation ( $K_a=4,21$ ) tavoitteet saavuttivat sisällöltään myös tarvittavan tason. Käyttäjät pitivät esimerkkitoita ja ideagalleriaa hyvinä ja havainnollistavina ja niistä oli apua käyttäjien omaan tuotesuunnitteluun.

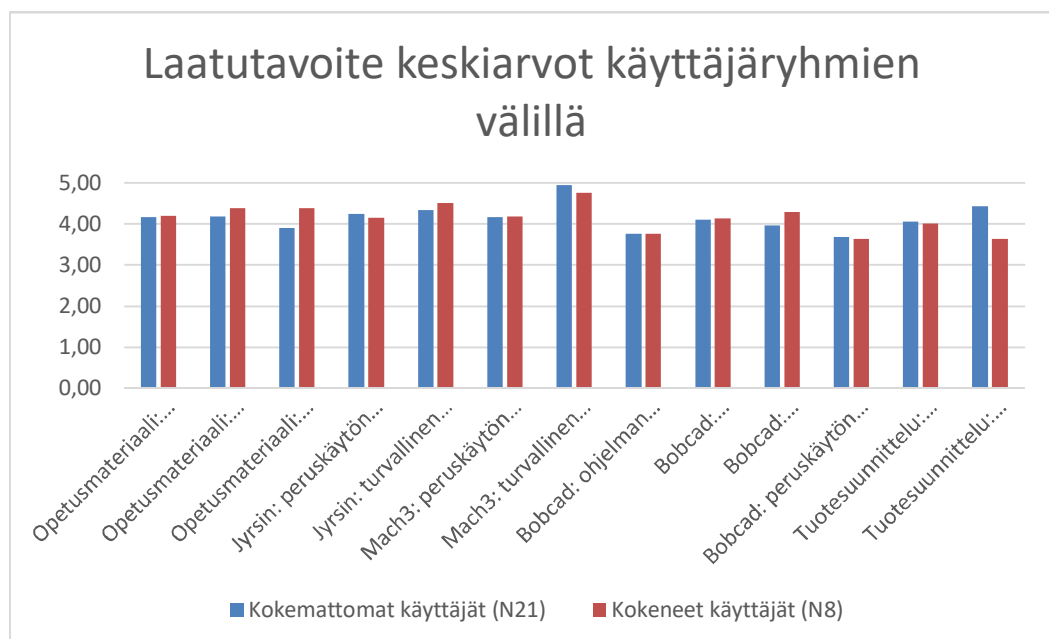
Vikojen määrittelemisen sisältöä kysyttiin ainoastaan avoimilla kysymyksillä. Käyttäjät pitivät vikojen määrittelyn osa-aluetta hyvin havainnollistavana ja informatiivisena. Vikojen määrittämisen yleisistä ongelmista käyttäjät löysivät apua, kun he kohtaisivat ky-

seisen kaltaisia ongelmia. Osa käyttäjistä oli kokenut, että heillä oli vaikeuksia diagnosoida ongelma omasta tuotteestaan. Diagnosoinnin jälkeen ongelmaan oli helppo löytää ratkaisu opetusmateriaalista, mutta opetusmateriaali ei auttanut käyttäjää diagnosoimaan ongelmaa.

### 6.3 Päättökysymyksen vastaaminen

**Kuinka CNC-jyrsimelle tuotettu opetusmateriaali toimii käsityöaineopiskelijoiden tukena CNC:n itsenäisessä työskentelyssä?**

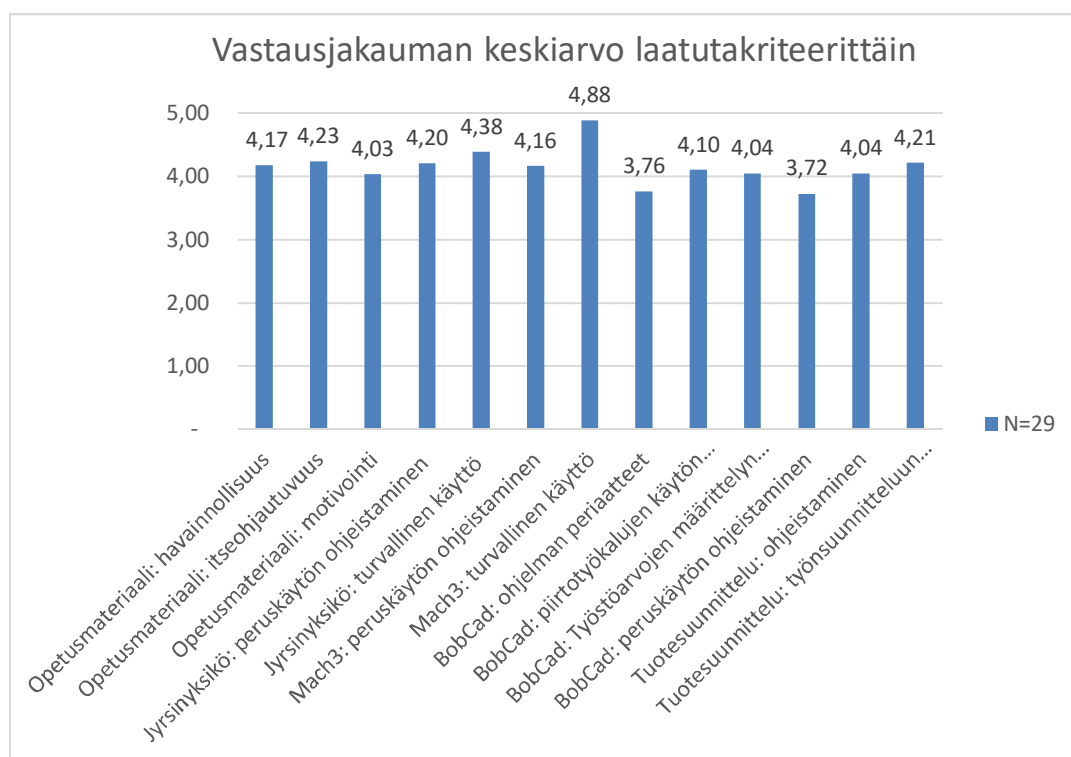
Aikaisemmissa kappaleissa olemme tuoneet esille osa-aluekohtaiset tulokset laatutavoitteiden osalta. Tämän lisäksi kokeneiden ja kokemattomien käyttäjien keskiarvoja ja niiden eroja on tarkasteltu osa-alueittain. Olemme olleet alusta asti kiinnostuneita käyttäjien antamista negatiivisen alueen vastauksista. Negatiivisen alueen avoimia vastauksia analysoimalla olemme saaneet lisää tietoa, miksi kyseinen aihe on saanut negatiivisia arvoja ja kuinka aihe-alueita voisi kehittää. Tässä kappaleessa tuomme kaikkiin näihin osioihin vastaavat taulukot esille. Näin pystymme mahdollisimman todenmukaisesti vastaamaan tutkimuskysymykseen.



**Kuvio 8. Kokeneiden ja kokemattomien käyttäjien keskiarvot laatukriteerittäin**

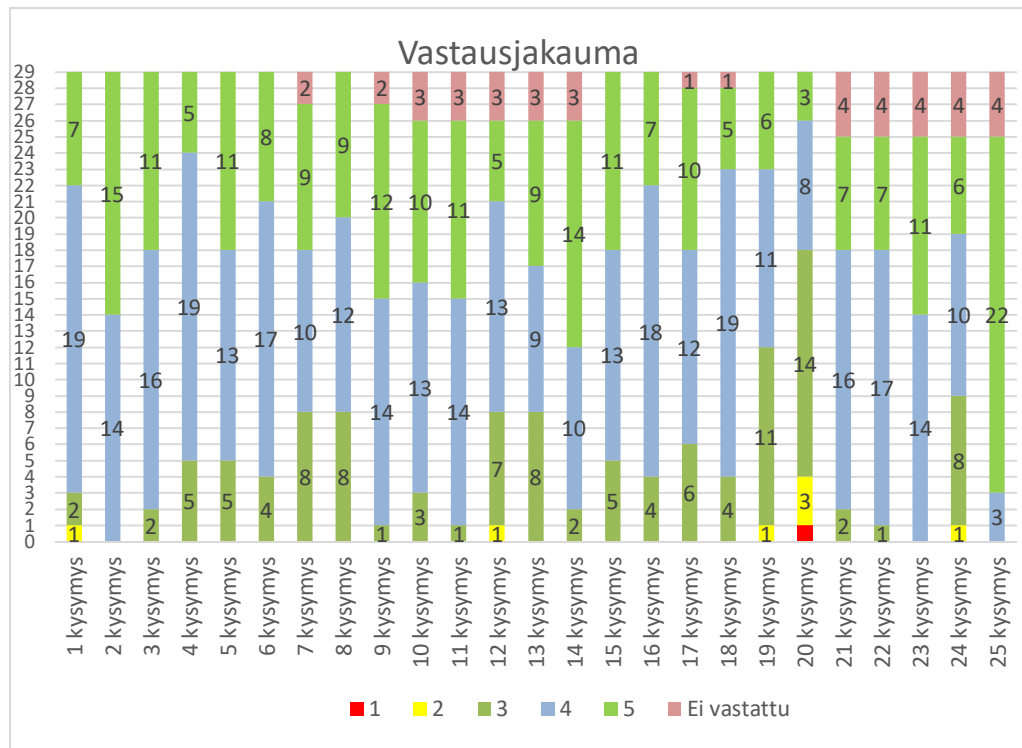
Diagrammissa (Kuvio 8) näkyy laatutavoite-keskiarvoittain kokeneiden ja kokemattomien vastaajien vastaukset. Kuviosta 8 näkee, ettei kokeneiden ja kokemattomien keskiarvoissa ole juurikaan eroja. Pieniä väittämäkohtaisia eroja toimme esille jo alatutkimusluvuissa. Kyselylomakkeen tuottamisessa (ks. Taulukko 2a ja 2b) näkyy, mitkä kysymykset kuuluvat kuhunkin laatutavoitteeseen

Aikaisempi kokemus CNC-teknologiasta haluttiin selvittää kyselylomakkeella, koska olemme pitäneet yhtenä opetusmateriaalin eksistenssiehtona, että opetusmateriaali ei vaatisi aikaisempaa kokemusta CNC-teknologiasta. Samalla kaavioilla pystymme myös vertailemaan kokeneiden ja kokemattomien käyttäjien vastauseroja ja näin päätellä, onko opetusmateriaalissa kyetty huomioimaan käyttäjien taitotasot. Kokeneiden ja kokemattomien käyttäjäryhmien laatutavoite-keskiarvojen lisäksi selvitimme kaikkien vastaajien kesken olevat laatutavoite-keskiarvot.



**Kuvio 9. Laatukriteerien keskiarvot**

Kuviosta 9 on nähtävissä kaikkien vastaajien kesken jakautuneet keskiarvot, joista suurin osa ovat lähellä arvoa 4 eli tavoitearvoamme. Keskiarvotaulukkojen lisäksi esittelemme tarkat kysymyskohtaiset vastaukset, joissa näkyy jokaisen kysymyksen vastausjakauma (Kuvio 10).



**Kuvio 10. Kyselyn vastausjakauma**

Vastausjakaumassa näkyy, miten eri käyttäjät ovat vastanneet kysymyskohtaisesti ja miten vastaukset ovat jakautuneet. Kuviosta on nähtävissä, että suurin osa vastauksista on arvoja 4 ja 5. Vastausjakaumalla haemme kuitenkin laatutavoitedimensioiden määrittelyssä mainittuja 1-2-arvon saaneita kysymyksiä. Olemme keränneet ja taulukoineet, niiden käyttäjien avoimet kysymykset, jotka ovat vastanneet kysymyksiin arvolla 1 tai 2 (Taulukko 17).



**TAULUKKO 17. Negatiivisia arvoja saaneiden vastausten avoimet vastaukset**

Käyt- tää	Ky- symys	Arvo- sana	Laatutavoite	Selitys (avoin vastaus)
22	20	2	BobCAD: pe- ruskäytön ohjeista- minen	<u>Kaarien ym. monimutkaisempien muotojen piirtämi-</u> <u>nen.</u> Olisin kaivannut tarkempaa piirtotyökalujen esit- telyä
13	20	2	BobCAD: pe- ruskäytön ohjeista- minen	-
12	20	2	BobCAD: pe- ruskäytön ohjeista- minen	Tokihan ohjelmassa on paljon nyansseja, jota oppii käyttämään vain pitkän ajan kanssa
4	1	2	Opetusmate- riaali: visu- aalisuus	Kuvat pieniä, joista hankala saada selvää. Ohjelman ul- koasu oli osittain erilainen kuin ohjeessa (yläpalkki puuttui)
19	12	2	Jyrsinyksikkö :peruskäytön ohjeista- minen	<u>Tab- valikko (lisätty ilmeisesti jälkikäteen)</u>
19	19	2	BobCAD: ohjelman per- iaatteet	BobCAD oli todella hankala esim. mittojen määrittä- miseen
19	20	1	BobCAD: pe- ruskäytön ohjeista- minen	BobCAD oli todella hankala esim. mittojen määrittä- miseen
19	24	2	Mach3: pe- ruskäytön ohjeista- minen	Koneen ja ohjelman hahmottaminen vaikeaa (peili- kuva)

Taulukon 17 avulla näemme negatiivisten arvojen saaneiden vastauksien taustat. Näin pystymme täydentämään suljettujen kysymysten antamaa informaatiota ja ymmärtämään, mikä on mahdollisesti johtanut kyseisiin vastauksiin.

### 6.3.1 Vastauksen yhteenveto

Opetusmateriaalin laatutavoiteteoreeman laatutavoitteita testattiin kahdella eri tavalla. Laatutavoitteistossa oli laatutavoitteita, joiden testaamiseen ei vaadittu käyttäjien arvioita kuten esimerkiksi opetusmateriaalin edullisuus. Nämä laatutavoitteen testattiin tuotteen valmistuksella. Käyttäjien arviota vaatineet laatutavoitteet testattiin kyselylomakkeella.

Edellisessä kappaleessa käytyjen kyselylomake tuloksien perusteella voidaan yleistää, että opetusmateriaalin osa-alueiden laatutavoitteet toteutuivat vähintäänkin vähimmäistason vaatimuksien mukaisesti. BobCAD-ohjelman periaatteet ja BobCAD-ohjelman peruskäytön ohjeistamisen laatutavoitteet eivät kyselylomakkeen mukaan saavuttaneet vähimmäistavoitetasoa, mutta avoimien kysymyksien vastauksien läpikäynnissä ei löytynyt mitään konkreettista syytä, miksi tavoitetta ei olisi saavutettu. Voimme avoimien kysymyksien vastauksien perusteella olettaa, että nämä laatutavoitteen sisältämät aiheet olivat yleisesti ottaen niin hankalat, että tavoitetasoa ei saavutettu opetusmateriaalin heikon laadun vaan aiheen haastavuuden takia.

Valmistuksella testatut laatutavoitteet: käytettävyys, yhteensopivuus ja edullisuus toteutuivat, sillä opetusmateriaali pystyttiin tuottamaan laadittujen laatutavoitteiden mukaisesti.

Itseohjautuvaan opetusmateriaaliin vaikuttaa olennaisesti sisältö ja toteutus. Alakysymykset vastaavat opetusmateriaalin toteutuksen ja sisällön laatutavoitteisiin, joten pääkysymyksen tehtävänä on vastata siihen, kuinka hyvin opetusmateriaalin laatutavoitteet palvelevat opetusmateriaalin itseohjautuvuutta käyttäjien itsenäisessä työskentelyssä. Tutkimusaineiston tuloksien perusteella voidaan yleistää, että kaikki opetusmateriaalin osa-alueiden laatutavoitteet toteutuivat vähimmäistason vaatimuksien mukaisesti (ks. Kuvio 9). Laatutavoiteteoreeman toteutumista voidaan pitää vahvana signaalina siitä, että opetusmateriaali vastaa sille asetettua olemassaolonehtoa. Näin ollen voidaan tulkita, että opetusmateriaali toimii itsenäistä työskentelyä tukevana tuotteena.

Laatutavoiteteoreeman todentamisen myötä voimme myös vahvistaa, että STP-mallin teoriapohja osoittautui toimivaksi itseohjautuvan elektronisen opetusmateriaalin ohjaami-

sessä. Samoin voimme vahvistaa PowerPoint-diojen perusrakenteen toimivuuden erilais-  
ten tietokoneohjelmistojen, toimintojen ja työstöpolkujen ohjeistamisessa osana itseoh-  
jautuvaa opetusmateriaalia.

Opetusmateriaali avustaa ja tukee kokemattomia ja kokeneita käyttäjäryhmiä eri tavoin.  
Kokemattomat käyttäjät oppivat ja ymmärtävät opetusmateriaalin avulla Syil x5 Pro:n  
fyysisen käytön, ohjelmistojen työstöpolkujen käytön sekä ohjelmistojen peruskäytön.  
Tämän lisäksi kokemattomat käyttäjät saavuttivat, jonkin asteisen tietoisuuden jyrsimen  
tuottamisen mahdollisuuksista. Kokeneet käyttäjät hyödynsivät materiaalia enemmänkin  
työstöpolkujen muistamisessa sekä jyrsimen ominaisuuksien ja rajoitteiden tunnistami-  
sessä.

## 7 LUOTETTAVUUSTEOREETTINEN OSA

### 7.1 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkivassa tuottamisessa luotettavuusteoreettisen osan tehtävänä on arvioida ovatko tutkimustulokset ja teoriaketjun rakentaminen sekä siihen perustuvat tulokset luotettavia. (Metsärinne & Kallio 2011b, 65). Tutkimuksen luotettavuutta tulee tarkastella aina mitattavaliineen sekä koko tutkimuksen tasolla (Soininen & Merisuo-Storm 2009, 151). Tuomi ja Sarajärvi (2009, 142) mainitsevat tutkimuksen luotettavuutta parantavista tekijöistä triangulaation. Triangulaatiossa voidaan tarkentaa laadullisen tutkimuksen luotettavuutta. Menetelmästä on muitakin nimityksiä kuten esimerkiksi Creswellin (2014, 225—226) mainitsema mixed methods, jossa tarkastellaan määrällisen ja laadullisen tutkimuksen yhdistelemistä.

Tutkimuksen luotettavuutta tarkasteltaessa tulee tarkastella kyselylomakkeen luotettavuutta. Kuten Metsämuuronen (2009, 125) toteaa, kyselylomakkeen luotettavuus on suoraan verrannollinen tutkimuksen luotettavuuteen. Kyselylomakkeen luotettavuutta pyrittiin parantamaan lomakkeen esitestauksella. Esitestauksessa saadaan muokattua kysymyksiä parempaan sanamuotoon, mikäli testaajien mielestä kysymykset ovat vaikeasti ymmärrettäviä tai liian moniulotteisia (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2013, 204). Esitestauksena meidän tutkimuksessamme toimi työnohjaaja ja kaksi opiskelijaa.

Validius tarkoittaa mittarin kykyä mitata tutkimuksen kannalta juuri oikeaa ja haluttua tietoa. Validiuksen kannalta on tärkeä pystyä tarkentamaan kysymykset selkeiksi ja helppo lukuisiksi. Kyselyn vastaukset saattavat olla täysin erillaisia, mitä tutkija on oletanut, mikäli vastaajat ovat ymmärtäneet kysymykset eri tavalla kuin kysyjä on ne ajatellut. Kyselylomakkeen kysymyksistä olemme muodostaneet summamuuttujia, jotka vastasivat meidän laatutavoitteita. Näitä summamuuttujia testasimme cronbach alfa-testillä. Testillä pystyimme osoittamaan, että kysymykset kysyivät samaa asiaa. Tällöin pystyimme varmentumaan siitä, että vastaajat olivat ymmärtäneet kysymykset niin kuin olimme halunneet.

Eskolan ja Suorannan (2003, 210—212) mukaan laadullisessa tutkimuksessa arviointi pelkistyy kysymyksiksi tutkimusprosessin luotettavuudesta. Tutkimuksen luotettavuutta voidaan käsitellä tutkimuksen uskottavuuden, siirrettävyyden, varmuuden ja vahvistettavuuden kannalta.

Lincoln ja Guba (1985, 290—291) käsittelevät tutkimuksen uskottavuutta (trustworthiness) myös neljällä eri käsitteellä, jotka he jakavat totuusarvoon (truth value), sovellettavuuteen (applicability), pysyvyyteen (consistency) ja neutraalisuuteen (neutrality). Kyseiset määritelmät eivät eroa toisistaan muuten kuin vahvistettavuuden ja neutraalisuuden kannalta. Eskolan & Suorannan (2003, 211) puhuessa vahvistettavuudesta eli onko kyseistä aiheesta tehty muitakin tutkimuksia ja voiko omia tutkimustuloksia verrata muiden tutkimustuloksiin, Guban & Lincoln (1985, 290) puhuvat neutraalisuudesta. Neutraalisuus tarkoittaa, että tutkimustulokset ovat vastaajista, tilanteista tai kontekstista johtuvia, eivätkä tutkijan motivaation, intressin tai perspektiivin ohjaamia. (Lincoln & Guba 1985, 290).

Tutkimuksen uskottavuutta tarkasteltaessa katsotaan vastaavatko hänen käsityksensä ja tulkintansa tutkittavien käsityksiä (Eskola & Suoranta 2003, 211). Kyselytutkimuksella pyrittiin saamaan vastauksia tutkimuskysymyksiimme. Tutkimuskysymykset jäsentyivät opetusmateriaalistamme, jonka tarkoitus on mahdollistaa ja helpottaa CNC-jyrsimen itsenäistä käyttöä. Ennen kyselytutkimuksen aloitusta pidimme KSS.6.4 ryhmälle esittelykerran, jossa esittelimme itsemme ja mitä olimme tutkimassa kurssilla. Samalla esittelimme opetusmateriaalimme ja esitimme toiveemme siitä, että he vastaavat mahdollisimman rehellisesti kyselyyn, jotta pystymme tulosten perusteella kehittämään opetusmateriaalia.

Tutkimuksen totuusarvo perustuu siihen, kuinka tutkija voi luoda varmuuden siihen, kuinka tiedustelun löydökset ja tieto vastaavat tutkittavien käsityksiä (Lincoln & Guba 1985, 290). Kyselylomakkeessa vastaajat antavat arvosanat kustakin kysymyksestä, joita he voivat vielä täydentää avoimilla vastauksilla. Tutkimuksessamme olemme kiinnostuneita laatutavoitteista, joita olemme opetusmateriaalillemme antaneet. Jokaista laatutavoitetta mitataan useammalla kysymyksellä, jolloin saamme paremmalla varmuudella vastaajalta tiedon siitä, mitä mieltä hän todella on kyseisestä aiheesta.

Tutkimustuloksien siirrettävyydellä tarkoitetaan tutkimuksen havaintojen viemistä ja soveltamista toiseen vastaavanlaiseen tilanteeseen eli toimintaympäristöön (Eskola & Suoranta 2003, 68). Kyselylomakkeella saatujen havaintojen siirrettävyys osoittautui tut-

kimuksessamme jokseenkin haasteelliseksi. Kyseinen koulutuslinja, johon olemme tuotaneet opetusmateriaalin, ei ilmaannu samanlaisena missään muualla Suomessa. Toisaalta laadullinen tutkimus ei pyrikään yleistettävyyteen vaikka siirrettävyydestä puhutaankin (Kananen 2013, 120). Lincoln & Guban (1985, 296—298) toteavat soveltuvuuden olevan ehtona siirrettävyydelle, mikä myös tarkoittaa tuloksien soveltuvuutta vastaavaan ilmiöön. Olosuhteiden ollessa yksilölliset ja keskeiset ei tuloksia voida siirtää muihin toimintaympäristöihin.

Tutkimuksen varmuus rakentuu huomioimalla ennakko-oletuksia ja ennustettavissa olevia muuttujia koko tutkimuksen ajan (Tuomi & Sarajärvi 2009, 138—139; Eskola & Suoranta 2003, 212). Kandidaatin tutkielmassa käytimme tulosten hankintaan observointia. Observoinnissa meillä oli melko pieni otanta, minkä johdosta käytimme saturaatiota tuloksien luotettavuuden osoittimina. Tähän tutkimukseen mietimme myös observointia, mutta huomasimme siinä tiettyjä haasteita tämän tutkimuksen kannalta. Halusimme tutkimukseemme suuremman otannan, jolla pystyisimme saamaan tuloksista yleistettävempiä. Observoinnin ongelmana olisi laajuus, niin materiaalisesti, ajallisesti, kuin mitattavina vastauksina. Haasteina olisi ollut myös vastaajien ja tutkijoiden yhteisöllisyys. Kyselylomakkeilla jokainen vastaaja pysyi anonyyminä, jolloin vastauksista tuli luultavasti oikeudenmukaisemmat kuin, jos olisimme observeineet opiskelutovereidemme oppimista oppimateriaalin kanssa.

Aikataulullisesti aineistonkeruu tapahtui yhdessä kuukaudessa, mikä saattoi vaikuttaa vastauksien määrään ja laatuun. Nyt osassa vastauksissa näkyi se, että joihinkin osioihin ei ollut vastattu lainkaan, koska kyseiseen osioon ei oltu keretty tutustumaan. Mikäli aika olisi ollut pidempi, olisi tuloksista saatettu saada kattavampi kokonaisuus. Mietimme myös kyselylomakkeiden keräämistä hallitusti, KSS6.4 kurssin demolla, jolloin olisimme saaneet kaikkien kurssin osallistujien vastaukset. Tämän idean päätimme kuitenkin hylätä, sillä silloin vastaajien vapaaehtoisuus osallistua tutkimukseen olisi hävinnyt. Tämä olisi vaikuttanut tutkimuksen eettisyyteen sekä mahdollisesti vastauksien tasoon.

Pysyvyys on varmuutta. Pysyvyys perustuu siihen, että tutkimuksen tulokset pysyvät samanlaisina, kun tutkimus toistetaan samoilla tai eri yksilöillä. (Lincoln & Guba 1985, 290.) Varmuutta käsitelimme aiemmassa kappaleessa, huomioimalla tutkimuksen tuloksiin vaikuttavat muuttujat ja ennakko-oletukset. Huomioimalla nämä muuttujat ja en-

nakko-oletukset olemme vakuuttuneita siitä, että mikäli aineisto kerätään samoilla yksilöillä taikka eri yksilöillä, jotka vastaavat saman kehikkoperusryhmän vaatimuksia, kyselytutkimuksen tulokset olisivat samankaltaiset, mitä ne ovat tällä hetkellä.

Eskolan & Suorannan (2003, 212) neljäs tutkimuksen luotettavuutta käsittelevä tekijä on tutkimuksen vahvistettavuus eli kuinka hyvin tutkimustulokset vastaavat samasta aiheesta tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia. Ongelmaksi muodostuu tutkittavan aiheen ainutlaatuisuus. Tutkimustuloksien siirrettävyyden ohella vahvistettavuus jää ilman sen suurempaa tarkastelua, koska vastaavaan tutkimusta, joka perustuu käsityöaineenopettajaopiskelijoiden CNC-käyttöohjelmistojen opetusmateriaaliin, ei ole tuotettu. Muutamia samankaltaisia aihealueita on kuitenkin koulussamme tutkittu pro gradun laajuudessa esimerkiksi Mattilan & Syrjälän toimesta. Kyseisessä tutkimuksessa kohteena oli lasertyöstöasemalle tehty e-oppimateriaali, jota käyttivät normaalikoulun oppilaat ja muutamat käsityöopettajat. Tutkimuksen tuloksien perusteella e-oppimateriaalin hyvä käytettävyys edellyttää eri käyttäjien taitotason käyttötarpeen huomioimisen (Mattila & Syrjälä 2017).

Lincolnin & Gubanin (1985, 290) neljäs luotettavuuden kriteeri perustuu taas tutkimuksen neutraalisuuteen eli siihen, kuinka voimme varmistaa, että tutkimuksen tulokset ovat tutkimukseen osallistujista johtuvia eivätkä tutkijasta johtuvia. Tutkimuksen neutraalisuutta saattaa haitata se, että kaikki vastaajista ovat koulumme opiskelijoita. Koulumme tiiviissä yhteisössä kaikki tuntevat kaikki. Kyselylomakkeen tuloksissa saattaa olla positiivinen vääristymä, mikäli opiskelijat halusivat antaa opetusmateriaalistamme hyvän arvion. Toisaalta kysely tehtiin anonyyminä, jolloin toivoimme, että vastaajat pystyisivät vastaamaan kysymyksiin totuuden mukaisesti. Tämän saman asian toimme esille, kun esittelimme opiskelijoille opetusmateriaalin. Tällöin kehoitimme heitä vastaamaan totuuden mukaisesti, jotta pystyisimme vastausten perusteella kehittämään opetusmateriaalia. Neutraalisuuteen pyrkiminen ei niinkään ole halustamme todistella opetusmateriaalimme paremmuutta tai hyvyttä vaan löytää opetusmateriaalista selkeitä parannusehdotuksia, jotta pystyisimme kehittämään ja parantamaan sitä. Neutraaliutta tutkimuksessamme parantaa myös se, että emme pyri todistamaan jotain väitettyä hypoteesia todeksi vaan pyrimme tutkimaan, miten keräämällämme tiedolla pystymme vastaamaan tutkimuskysymyksiimme. Keräämämme tiedon antama vastaus auttaa meitä kehittämään tuotteellemme uuden laatutavoiteteoreeman ja näin ollen pystymme kehittämään tuotettamme.

Tutkivassa tuottamisessa luotettavuusteoreettisen osan tehtävänä on arvioida, ovatko tutkimustulokset ja teoriaketjun rakentaminen sekä siihen perustuvat tulokset luotettavia. Tämän lisäksi arvioidaan teorian ja todistamisen välistä yhteyttä sekä pohditaan tuotteen elinkaarta. (Metsärinne & Kallio 2011b, 65—66.) Tutkimuksessamme olemme edenneet

tutkivan tuottamisen mukaisesti. Määrittelyteoreettisessa osiossa yhdistimme taustateorian STP-malliin, jonka pohjalta saimme muodostettua laatutavoittemme. Valmistimme mallin, jota testasimme käyttäjäryhmällä. Käyttäjäryhmältä saamien tulostenperusteella pystyimme varmentamaan laatutavoitteiden toteutumisen. Tuotteen elinkaarta pystymme ennakoimaan esimerkiksi kyselystä saamiemme vastausten perusteella. Muutama huomautus tuli jo nyt opetusmateriaalimme ”päivitettävyydestä”. Sillä tietokoneohjelmat päivittyvät nopeaan tahtiin, mistä syystä konekohtaisen opetusmateriaalin päivittäminen olisi tärkeää. Toisaalta opetusmateriaalimme on tehty PowerPoint-alustalle, missä opetusmateriaalin kuvat ovat helppo päivittää vastaamaan uusinta ohjelmistopäivitystä.

## **7.2 Tutkimuksen eettinen tarkastelu**

Tutkimusta tehtäessä eteen tulee paljon suuria ja pieniä kysymyksiä eettisyyteen liittyen. Tämän takia onkin mahdotonta tehdä aukotonta säännöstöä tutkimuseettisyyteen nähden. Eettisesti arveluttavilta vaikuttavat ongelmat tutkijan täytyy itse pystyä ratkaisemaan. Mikäli tutkija huomaa ja tunnistaa eettisten kysymyksien problematiikan, niin hän todennäköisesti tekee eettisesti korrektia tutkimusta. (Eskola & Suoranta 2001, 52.) Tutkimuksen eettisyyteen liittyy paljon eri näkökulmia, joista meidän tutkimuksessa on syytä tarkastella niistä muutamia.

Tutkimuksessa keräsimme tiedot KSS6.4 kurssin opiskelijoilta, joten erillistä lupaa emme tarvinneet tutkimuksemme tekoon hakea. Kaikki vastaukset olivat anonyymejä eikä lomakkeisiin tullut mitään henkilökohtaisia tietoja. Näin ketään vastaajista ei pystytä jäljittämään lomakkeen perusteella. Tutkimusaineiston paperiversio säilytetään tutkijoiden lukolisessa kaapissa sekä elektronisena aineistona tutkijoiden kovalevyllä.

Tutkittavalle ryhmälle esiteltiin suullisesti kaikki Arja Kuulan (2006) mainitsemat kohdat tarvittavista tiedoista tutkimukseen osallistuville henkilöille.

- Vastuussa olevan tutkija/tutkijaryhmän nimi ja yhteystiedot
- Tutkimuksen tavoite
- Tutkimukseen osallistumisen vapaaehtoisuus ja aineiston keruun toteutustapa
- Luottamuksella annettujen tietojen suojaaminen
- Tutkittavilta kerättävien tietojen käyttötarkoitus
- Tutkittavia koskevat muut mahdolliset tiedonlähteet

(Kuula 2006, 102)



Ylläolevat tiedot kirjataan yleensä tutkittaville lähetettävään saatekirjeeseen, mutta tiedon pystyy myös jakamaan suullisesti, kuten me sen teimme (Kuula 2006, 102—103). Tutkimuksessa on esitetty asiallisesti kaikki tekstissä käytetyt viitteet ja lähdemerkinnät. Näin pystytään varmistumaan siitä, että teksti on tutkijoiden itsensä tuottamaa eikä tekstiä ole plagioitu mistään muualta. Kaikki aineistosta saadut tulokset ovat esiteltynä taulukoissa, joiden pohjalta on tehty johtopäätökset. Testit pystytään tekemään tarvittaessa uudestaan samasta aineistosta ja näin varmistumaan tuloksien luotettavuudesta.

## 8 POHDINTA

### 8.1 Tutkielman pohdinta

Koko pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli tuottaa Syil x5 Pro- metalli CNC-jyrsimelle itseohjautuva e-opetusmateriaali ja tutkia kuinka se toimii. E-opetusmateriaalin tulisi olla sellainen, joka tukee käsityön aineenopettajaopiskelijoiden itsenäistä jyrsimen peruskäytön oppimista. Opetusmateriaali tuotettiin opiskelijoiden tarpeeseen, joten opetusmateriaalin tuottamiskokonaisuudessa ja tutkimuksissa korostui tavoitteellisuus onnistua vastaamaan tähän tarpeeseen. Tutkielman keskeisessä roolissa oli löytää tunnuspiirteet itseohjatuvalle elektroniselle opetusmateriaalille sekä luoda sisältökokonaisuus CNC-jyrsimen perushallintaan. Opetusmateriaalille luotiin teoriapohja, jonka perusteella opetusmateriaali suunniteltiin ja toteutettiin. Opetusmateriaalin sisältö rakennettiin kokempohjaisella tiedolla, joka perustui järjestämiimme koulutuksiin ja kandidaatin tutkielmaan CNC-metallijyrsimestä. Meillä oli jo entuudestaan hyvät teoreettiset tiedot ja taidot, joita jyrsimen käyttäjällä tulisi hallita. Täten osasimme odottaa, että näiden tietojen ja taitojen laajuus sekä niiden tutkiminen saattaa tuottaa ongelmia pro gradu -tutkielmamme laajuuteen. Koimme tärkeämmäksi tuottaa Syil x5 Pro-jyrsimelle toimivan opetusmateriaalikonaisuuden kuin huolehtia tutkielman liian laajasta rajauksesta.

Tutkimuksen näkökulmasta pro gradu -tutkielmaamme voidaan pitää hyvinkin monimutkaisena ja haasteellisena. Tutkimus perustuu tutkivan tuottamisen mallinmukaiseen teoreemapohjaiseen tuottamiseen, jota tutkitaan laadullisella tutkimuksella. Tutkimuksessa hyödynnettiin laadullisen ja määrällisen tutkimuksen menetelmiä niin sanottuna mixed method-menetelmänä. Tutkimuksen monimutkaisuus johtuu opetusmateriaalin laajuudesta, laatutavoiteteoreeman yksityiskohtaisuudesta sekä teoriapohjan laajuudesta.

Opetusmateriaalin laajuus vaikutti suoraan tutkimukseen, sillä luonnollisesti jokaiselle osa-alueelle täytyi tuottaa oma kyselymittaristo. Laatutavoiteteoreeman yksityiskohtaisuus taas puolestaan ohjasi tuottamaan hyvinkin yksityiskohtaisen kyselymittariston jokaiselle laatutavoitteelle. Näiden lisäksi meidän on tutkittava opetusmateriaalin teoriapohjan mukaisia opetusmateriaalin laatutavoitteita oppimisen motivaatioon ja opetusmateriaalin toteuttamiseen liittyen. Tutkimuksen kaikki ratkaisut ovat sidottu vahvasti tieteelliseen teoriaan, jolla pystymme perustelemaan tutkimuksen tieteellisen korrektyuden.

Tutkimustulosten pohjalta onkin syytä pohtia, kuinka näin laajan sisällön pystyy rajaamaan tarpeeksi pieniksi osa-alueiksi. Tuloksien perusteella kaikki laatutavoitteet saavutivat tavoitearvon, paitsi BobCAD osa-alueen muutamat kohdat. Näiden kohtien avointen kysymyksien muutamat vastaukset antoivatkin siitä osoitusta, että käsiteltävän sisällön laajuus oli liian iso. Tutkimuksessa saadut tulokset ovat melko hyvin linjassa opetusmateriaalin teorian ja tavoitteiden kanssa. Tutkimustuloksista voimme näin ollen yleistää, että olemme onnistuneet saavuttamaan tavoitteemme itseohjautuvan opetusmateriaalin tuottamisessa. Tavoitteen saavuttaminen ei kuitenkaan ollut meille missään tutkielman vaiheessa pakkomielle tai tutkielman ydintarkoitus. Tavoite saavutettiin aidosta innostuksesta hyvän itseohjautuvan opetusmateriaalin tuottamiseen.

### ***Opetusmateriaalin soveltaminen***

Tutkielman alusta alkaen olemme pyrkineet tuottamaan opetusmateriaalin siten, että tutkielmassa tutkittua opetusmateriaalin teoriaa ja käytäntöä pystyttäisiin soveltamaan muiden laitteiden itseohjautuvan opetusmateriaalin tuottamisessa. Tästä johtuen tarkoituksena on ollut esitellä kaikki opetusmateriaaliin liittyvän suunnittelun ja tuottamisen teorialaajasti lukijoille. Lukija, joka todennäköisimmin on käsityökasvatuksen opiskelijana tai opettajana toimiva henkilö, voi hyödyntää opetusmateriaalimme teoriaa omassa opetuksessaan tai opetusmateriaalissaan. Vaikka opetusmateriaali onkin sisällöltään suunniteltu konekohtaiseksi, voi pedagogista ja teknologista teoriaa hyödyntää muissa konekohtaisissa opetusmateriaaleissa.

Opetusmateriaalin suunnittelu ja tekeminen, sekä sen pohjalta tehdyn tutkimuksen tekeminen ovat kasvattaneet meitä tulevinä opettajina todella paljon. Opetusmateriaalin rakenteen suunnittelu ja siihen tarvittava teoreettinen tieto ja taito ovat varmasti hyödyksi tulevalla opettajan uralla. Aivan kuten olemme tutkimuksessa todenneet, on e-oppimateriaalin tuottaminen ja hyödyntäminen opettajan tulevaa arkea. Konekohtaisen opetusmateriaalin avulla opettaja pystyy tukemaan tutkivan ja itseohjautuvan opetustyylin mahdollisuutta oppitunneilla. Opetusmateriaalien avulla oppilaiden eriyttäminen helpottuu ja opettajalla on mahdollisuus kohdistaa resurssinsa oppilaille, jotka sitä eniten tarvitsevat.

## 8.2 Jatkotutkimusehdotuksia

Jatkotutkimusehdotuksilla pyrimme antamaan omalle pro gradu -tutkielmalle ja sen teoriapohjalle jatkuvuutta, jotta saavutettua teoriapohjaa voitaisiin käyttää myös tulevaisuudessa käsityönaineopettaja opiskelijoiden pro gradu- tutkielmissa tai mahdollisesti omissa jatkotutkimuksissamme.

Varsinainen pro gradu -tutkielmamme päättyi laatutavoiteteoreeman testaukseen ja testauksen tuloksien tarkasteluun. Laatutavoiteteoreeman testauksen tulokset herättivät luonnollisesti uusia kysymyksiä, jotka voisivat johtaa uusiin mahdollisiin jatkotutkimuksiin. Kykenemme pro-gradu -tutkielmassamme todentamaan, että tekemämme konekohtaisen oppimateriaalin teoreema toimii sellaisenaan käsityön aineenopettajaopiskelijoille CNC-teknologiaan perustuvan metallijyrsimen itsenäiseen opetteluun. Tuloksien tarkastelujen jälkeen heräsi ajatuksia, että voitaisiinko kyseisen konekohtaisen opetusmateriaalin teoreemaa soveltaa myös muissa CNC-teknologiaa hyväksikäyttävissä koneissa kuten esimerkiksi 3D-tulostimissa tai laser-leikkureissa.

Laatutavoiteteoreeman varmentumisen myötä nousi uusia näkökulmia teoriapohjan sovellusmahdollisuuksista. Yksi näistä sovellusmahdollisuuksista on itseohjautuvan opetusmateriaalin tai niin sanotun oppimisaihion teorian integroiminen peruskoulun käsityön CNC-konekannan tietosisältöihin. Tätä voitaisiin tutkia siten, kuinka tällainen teoriapohja soveltuu käytettäväksi peruskoulun oppilaiden itsenäiseen työskentelyyn CNC-tekniologisten koneiden parissa.

Itseohjautuvan opetusmateriaalin tai yleisesti ottaen oppimisaihion käyttö on yleistä ja laajaa. Internet on täynnä oppimisaihioihin verrattavaa materiaalia, jonka avulla käyttäjä pystyy itsenäisesti opettelemaan esimerkiksi kitaransoiton alkeita. Jatkotutkimuksia ajatellen olisi mielenkiintoista tutkia, miten käyttäjät mieltävät hyvän itseohjautuvan opetusmateriaalin. Esimerkki jatkotutkimuksen ideasta: kuinka rakennetaan käyttäjälähtöisesti oppimisaihion teoreema. Tätä kyseistä käyttäjälähtöistä teoreemaa voisi verrata esimerkiksi tämän pro gradu-tutkielman teoriapohjaiseen laatutavoiteteoreemaan.

Suomalainen koulupolitiikka ja kouluympäristö ovat aina pyrkineet näkemään jokaisen oppilaan yksilöllisenä oppijana. Opetuksen eriyttämisestä on tullut yksi suomalaisen koulutuksen keskeisimmistä periaatteista. Itseohjautuvaa opetusmateriaalia voitaisiin myös

tutkia käsityönaineessa oppilaan eriyttämisen näkökulmasta. Oppimisaihiot eri tekniikoista, menetelmistä ja työkoneista voisivat toimia opettajan työkaluina eri taitotasojen omaavien oppilaiden opetuksen yksilöllistämässä.

Pro gradu -tutkielmassamme vastasimme omiin tutkimuskysymyksiimme ja toivomme, että tutkimuksemme lukijalle nousisi tutkielmamme johdosta uusia mahdollisia kysymyksiä itseohjautuvaan opetusmateriaaliin liittyen. Tästä voisi mahdollisesti syntyä uusia tutkimuksia itseohjautuvan opetusmateriaalin käytettävyyteen ja teoriaan liittyen.

## LÄHTEET

- Aho, H. & Kullaslahti, J. (2006). *Verkko-opetuksen tuotannosta opittua*. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (2000). *How People Learn*. Washington: National Academy Press.
- Byman, R. (2005). Voiko motivaatiota opettaa? Teoksessa P. Kansanen & K. Uusikylä, *Luovuutta, motivaatiota, tunteita : opetuksen tutkimuksen uusia suuntia*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: SAGE Publications .
- Creswell, J. W. (2014). *Research desing. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 4th. Edition*. Los Angeles: Sage Publications.
- Edmondson, D. R., Boyer, S. L. & Artis, A. B. (2012). Self- directed learning: A meta-analytic review of adult learning constructs. *International Journal of Education Research. Vol. 7, No. 1*, 40-48.
- Eskola, J. & Suoranta, J. (2003). *Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 6.painos*. Tampere: Vastapaino.
- Fang, L., Tan, H. S., Thwin, M. M., Tan, K. C. & Koh, C. (2011). The value simulation-based learning added to machining technology in Singapore. *Educational Media International, Vol. 48 Issue 2*, 127-137. Viitattu 31.1.2017. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=7&sid=88a28f98-f505-4e3b-ae90-d6884b71de15%40sessionmgr103&hid=115&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#d b=aph&AN=61158247>
- Gummesson, K. (2016). Effective measures to decrease air contaminants through risk and controlvisualization – A study of the effective use of QR codes to facilitate safetytraining. *Safety science 82/2016*, 120-128. Viitattu 17.10.2017. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753515002404?via%3Dihub>
- Hashim, M. & Hisyam, M. (2015). Using technology and instructional E-Material among technical teacher and student into teaching and learning: A qualitative case study. *International Education Studies, v8 n3* , 175-180. Viitattu 17.12.2016. <http://eric.ed.gov/?id=EJ1060877>
- Hassenzahl, M. & Tractinsky, N. (2006). User experience - a research agenda. *Behaviour & Information Technology, 25 (2)*, 91-97. Viitattu 16.3.2017. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01449290500330331>

- Heikkilä, T. (2014). *Tilastollinen tutkimus*. Helsinki: Edita. 9. uudistettu painos.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2013). *Tutki ja kirjoita*. Porvoo: Tammi.
- Huusko, M. & Paloniemi, S. (2006). Fenomenografia laadullisena tutkimussuuntauksena kasvatustieteissä. *Kasvatus. Suomen kasvatustieteellinen aikakauskirja* 2/2006. 37 vuosikerta, 162-173.
- Inki, J., Lindfors, E. & Sohlo, J. (2011). *Käsityön työturvallisuusopas : perusopetuksen teknisen työn ja tekstiilityön opetukseen*. Helsinki: Opetushallitus.
- Jaakkola, T., Nirhamo, L., Nurmi, S. & Lehtinen, E. (2005). Erilaiset oppimisaihiot osana joustavaa kokonaisuutta. Teoksessa L. Ilomäki, *Opi ja onnistu verkossa- Aihiot avuksi* ( pp. 27-39). Helsinki: Opetushallitus.
- Jaakkola, T., Nirhamo, L., Nurmi, S. & Lehtinen, E. (2012). Erillaiset oppimisaihiot osana joustavaa kokonaisuutta. Teoksessa L. Ilomäki, *Laatua e-oppimateriaaleihin- E-oppimateriaalit opetuksessa ja oppimisessä* (ss. 12-24). Helsinki: Opetushallitus.
- Janssen, N. & Lazonder, A. W. (2016). Support for Technology integration: Implications from and for the TPACK framework. Teoksessa M. C. Herring, M. J. Koehler & P. Mishra, *Handbook Technological pedagogical content knowledge (TPACK) for educators. 2nd Edition* (pp. 119-129). New York: Routledge/ Taylor & Francis Group.
- Joliffe, A., Ritter, J. & Stevens, D. (2001). *The onlinen learning handbook*. London: Kogan Page Limited.
- Jonassen, D. (1995). Supporting communities of learners with technology: a vision for integrating technology with learning in schools. *Educational technology* 35, (4), 60-63.
- Jonassen, D. H., Peck, K. L. & Wilson, B. G. (1999). *Learning with technology- A konstruktivist perspective*. New Jersey: Prentice Hall.
- Järvelä, S., Häkkinen, P. & Lehtinen, E. (2006). *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Järvenoja, H. & Järvelä, S. (2006). Motivaation ja emootioiden säätely oppimisprosessin aikana. Teoksessa S. Järvelä, P. Häkkinen;& E. Lehtinen, *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö* (pp. 85-102). Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Järvilehto, L. (2014). *Hauskan oppimisen vallankumous*. Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kallio, M. (2014). *Riskivastuullisuus turvallisuuskasvatuksen kulttuurissa. Oppilaiden vastuullisuus, turvallisuustaju ja tuottamistoiminnan riskiraja käsityön perusopetuksessa*. Turku: Turun yliopisto.

- Kananen, J. (2013). *Case-tutkimus opinnäytetyönä*. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.
- Kari, J., Koro, J. & Njöd, O. (1990). *Johdatus didaktiikkaan ja opetussuunnitteluun*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Kauppila, R. A. (2003). *Opi ja opeta tehokkaasti*. Juva: Ps-kustannus WS Bookwell Oy.
- Kiviniemi, K. (2000). *Johdatus verkkopedagogiikkaan*. Kokkola: Art-Print.
- Koehler, M. & Mishra, P. (2008). Introducing TPACK. Teoksessa T. A. Technology, *Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK) for Educators* (pp. 3-30). New York: Routledge/ Taylor & Francis Group.
- Kojonkoski-Rännäli, S. (2014). *Käsin tekemisen filosofiaa*. Turku: Turun yliopiston opettajankoulutuslaitos, Rauman yksikkö.
- Korkeakoski, E. (2002). Opetuksen laatu ja oppimistulokset perusopetuksen tavoitteiden kannalta. Teoksessa P. Kansanen & K. Uusikylä, *Luovuutta, motivaatiota, tunteita: Opetuksen tutkimuksen uusia suuntia* (pp. 211-243). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kröger, T. (2003). *Käsityön verkko-oppimateriaalien moninaisuus "Käspaikka" verkkosivustossa*. Joensuu: Joensuun yliopisto.
- Kuula, A. (2006). *Tutkimusetiikka: aineiston hankinta, käyttö ja säilytys*. Tampere: Vastapaino.
- Kuusisto, J. (1989). *Oppimateriaalit peruskoulun ala- ja yläasteella 1988*. Jyväskylä: Kasvatustieteiden tutkimuslaitoksen julkaisusarja A.
- Lahdes, E. (1997). *Peruskoulun uusi didaktiikka*. Keuruu: Otava.
- Lawson, B. (2000). *How Designer Think, The Design Process Demystified*. Gilligham, Kent, UK: Bibbles Oy Ltd .
- Lincoln, Y. S. & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. California: SAGE Publications.
- Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (2002). Oppiminen ja tieto yliopistossa. Teoksessa S. Lindblom-Ylänne & A. Nevgi, *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja* (pp. 53-66). Helsinki: WSOY.
- Lindfors, E. (2010). Käyttäjälähtöinen suunnittelu - oppilaiden kokemukset ja ideat innovaatioiksi. Teoksessa T. T. Tuula Laine, *Tutki, kehitä ja kokeile* (pp. 139-155). Tampere: Tampereen yliopisto.
- Liu, C. C. & Jou, M. (2008). An Interactive Web-based Learning System for Assisting Machining Technology Education. *International Journal of*



- Online Engineering (iJOE)*, v4 n2, 43-47. Viitattu 2.11.2016.  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aps&AN=32055596&site=ehost-live>
- Marjanen, P. (2012). *Koulukäsityö vuosina 1866–2003. Kodin hyvinvointiin kasvattavista tavoitteista kohti elämänhallinnan taitoja*. Turku: Turun yliopisto.
- Mattila, J. & Syrjälä, J. (2017). *Lasertyöstöasemalle tuotetun e-oppimateriaalin käytettävyydestä tutkimus*. Turun yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Pro gradu –tutkielma.
- Meisalo, V., Sutinen, E. & Tarhio, J. (2000). *Modernit oppimisympäristöt- Tietotekniikan käyttö opetuksen ja oppimisen tukena*. Juva: WS Bookwell Oy.
- Metsämuuronen, J. (2009). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä: Tutkijalaitos. 4. laitos*. Helsinki: International Methelp.
- Metsärinne, M. & Kallio, M. (2011a). Defining Craft Quality Theory Framework in Sloyd Education. Teoksessa M. Johansson & M. Porko-Hudd, *Vetenskapliga perspektiv och metoder inom slöjdfältet* (pp. 111-126). Techne Serien: Forskning i slöjdpedagogik och slöjdvetenskap A: 18/2011. NordFo.
- Metsärinne, M. & Kallio, M. (2011b). *Johdatus tutkivaan tuottamiseen*. Rauma: NordFo.
- Metsärinne, M. & Kallio, M. (2016). The pedagogical theories of the Exploratory Production Model. *PATT-32 Pro-ceedings. Technology Education for 21st Century Skills*, (pp. 344-352). Utrecht, The Netherlands. Viitattu 16.3.2017.  
<https://www.iteea.org/File.aspx?id=39504&v=7f12ac31>
- Metsärinne, M. & Kallio, M. (2017). Tutkivan tuottamisen didaktiikka teknologiakasvatuksessa. Teoksessa M. Kallio, R. Juvonen & A. Kaasinen, *Jatkuvuus ja muutos opettajankoulutuksessa* (pp.285-298). Ainedidaktisia tutkimuksia 12. Viitattu 15.1.2018.  
<http://hdl.handle.net/10138/229862>
- Metsärinne, M. & Virta, K. (2012). The Development of Sloyd Teacher Students' Self-Directed Learning Readiness. *Techne Series A: Vol 19, No 1*, 41-53.
- Mäkinen, J.-P. (2007). Matkalla kohti kohti pedagogisesti laadukkaampaa verkko-opetusta. Teoksessa A. Evälä, K. Karjalainen & T. Rytkönen-Suontausta, *Laatuaskeleita- kokemuksia verkko-opetuksen laadutuksesta* (pp. 17-33). Helsinki: Yliopistopaino.
- Nevgi, A. & Tirri, K. (2003). *Hyvää verkko-opetusta etsimässä*. Turku: Suomen Kasvatustieteellinen Seura.

- Nevgi, A., Lindblom-Ylänne, S. & Kurhila, J. (2002). Yliopisto-opetusta verkossa. Teoksessa S. Lindblom-Ylänne; & A. Nevgi, *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja* (pp. 403-425). Helsinki: WSOY.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. San Francisco : Academic Press.
- Nikolaki, E. & Koutsouba, M. (2012). Support and Promotion of Self-Regulated Learning through the Educational Material at the Hellenic Open University. *Turkish Online Journal of Distance Education*, v13 n3 , 226-238. Viitattu 30.1.2017. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ997819&site=ehost-live>
- Nurmi, S. & Jaakkola, T. (2006). Oppimisaihiot oppimisympäristöjen osana. Teoksessa S. Järvelä; P. Häkkinen & E. Lehtinen, *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö* (pp. 213-229). Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Ogbu, J. E. (2015). Influences of Inadequate Instructional Materials and Facilities in Teaching and Learning of Electrical/Electronics Technology Education Courses. *Journal of Education and Practice*, v6 n33 , 39-46. Viitattu 15.12.2016. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1083540&site=ehost-live>
- Olkinuora, E., Mikkilä-Erdmann, M., Nurmi, S. & Ottosson, M. (2001). *Multimediaoppimateriaalin tutkimuspohjaista arviointia ja suunnittelun suuntaviivoja*. Turku: Suomen Kasvatustieteellinen Seura.
- Opetushallitus. (2006). *Verkko-oppimateriaalin laatuksiteerit*. Helsinki: Opetushallitus. Viitattu 16.12.2016. [http://oph.fi/julkaisut/2006/verkko-oppimateriaalin\\_laatuksiteerit](http://oph.fi/julkaisut/2006/verkko-oppimateriaalin_laatuksiteerit).
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetusunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.
- Packard, N. & Race, P. (2003). *Käytännön vinkkejä opetustyöhön*. Hamina: Solver Kotkaset.
- Palmgren-Neuvonen, L., Mikkola, H. & Kumpulainen, K. (2011). FutureStory – Digitarinat yhteistoiminnallisen oppimisen edistäjänä. Teoksessa P. J. Henna Mikkola, *Tulevaisuuden koulua kehittämässä : uusi teknologia haastaa ja inspiroi* (pp. 73-90). Oulu: Oulun yliopisto.
- Parikka, M. (1990). *Teknisen työn didaktiikkaa : teknisen työn opetus- ja oppimistoiminta*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopiston monistuskampus.
- Pikkarainen, E. (1999). *NC- tekniikan perusteet*. Helsinki: Opetushallitus.

- Pelastuslaki 29.4.2011/379. Viitattu 1.11.2017.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110379>
- Perusopetuslaki 21.8.1998/628. Viitattu 1.11.2017.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628>
- Punomo- suunnitteluprosessi (2017). Viitattu 20.11.2017. <https://punomo.fi/suunnittelu/perusteita/suunnitteluprosessi/>
- Robson, C. (2007). *How to do a research project: a guide for undergraduate students*. Malden: Blackwell .
- Ruohotie, P. (2000). *Oppiminen ja ammatillinen kasvu*. Juva: WSOY.
- Ruokamo, H. & Pohjolainen, S. (1999). Etäopetus multimediaverkoissa (ETÄKAMU) tavoitetutkimushanke. Teoksessa *Etäopetus multimediaverkoissa. Kansallisen multimediaohjelman ETÄKAMU-hanke. Digitaalisen median raportti 1/99*. Helsinki: Tekes. Viitattu 12.12.2016.  
<http://matwww.ee.tut.fi/kamu/loppuraportti/loppuraportti-13.html#pgfId-690492>
- Rönkkö, M.-L. & Lepistö, J. (2009). Käsityön opetukseen sisältyy monipuolisesti taitoa, kulttuuria, yritteliäisyyttä. Teoksessa M.-L. Rönkkö, J. Lepistö & S. Kullas, *Monialainen opettajuus* (pp. 45-61). Turku: Rauman opettajankoulutuslaitos.
- Silander, P. & Koli, H. (2003). *Verkko-opetuksen työkalupakki- Oppimisaihiosta oppimisprosessiin*. Helsinki: Oy Finn Lectura Ab.
- Sinko, M. & Lehtinen, E. (1998). *Bitit ja pedagogiikka - Tieto- ja viestintäteknikka opetuksessa ja oppimisessa*. Jyväskylä: Atena.
- Soininen, M. & Merisuo-Storm, T. (2009). *Kasvatustieteellisen tutkimuksen perusteet*. Rauma: Turun yliopisto, Rauman opettajankoulutuslaitos.
- Syil (2016). Viitattu 12.1.2016  
<http://www.syil.com.cn/en/productsinfo.aspx?pid=22>
- Tella, S., Vahtivuori, S., Vuorento, A., Wager, P. & Oksanen, U. (2001). *Verkko opetuksessa- opettaja verkossa*. Helsinki: Edita Oyj.
- Toivola, M., Peura, P. & Humaloja, M. (2017). *Flipped learning : käänteinen oppiminen*. Helsinki: Edita.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2009). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi*. Helsinki: Tammi.
- Tynjälä, P. (2002). *Oppiminen tiedon rakentamisena : konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Uusikylä, K. & Atjonen, P. (2005). *Didaktiikan perusteet*. Helsinki: WSOY.
- Valli, R. (2015). *Johdatus tilastolliseen tutkimukseen*. Juva: PS-kustannus.

- Valtiovaraisministeriö. (2012). *Verkkopalvelujen laatukriteeristö - Väline julkisten verkkopalvelujen kehittämiseen*. Tampere: Valtiovarainministeriö.
- Wang, H.-C. & Hsu, C.-W. (2006). Teaching-material desing center: An ontology-based system for customizing reusable e-materials. *Computer & Education, Volume 46, Issue 4*, 458-470. Viitattu 5.1.2017. [http://ac.els-cdn.com/S036013150500134X/1-s2.0-S036013150500134X-main.pdf?\\_tid=9214f0dc-ef68-11e6-a3b9-00000aab0f26&acd-nat=1486714488\\_224e3942793d0b75b7e591275beba30c](http://ac.els-cdn.com/S036013150500134X/1-s2.0-S036013150500134X-main.pdf?_tid=9214f0dc-ef68-11e6-a3b9-00000aab0f26&acd-nat=1486714488_224e3942793d0b75b7e591275beba30c)
- Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta (400/2008). Viitattu 1.11.2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080400>
- Valtioneuvoston asetus työvälineiden turvallisesta käytöstä ja tarkastamisesta (403/2008). Viitattu 1.11.2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2008/20080403>
- Vehkalahti, K. (2014). *Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät*. Helsinki: Tammi.
- Vesamäki, H. (2002). *Lastuavan työstön NC-ohjelmointi* (2.painos). Tampere: Metalliteollisuuden Keskusliitto.
- Virta, K. (2006). *Reserch repot from the networked university of sloyd education and craft science project- Four studies concerning sloyd education in open learning environment*. Techne series: Research in Sloyd Education and Craft Science A:9/2006.
- Yli-luoma, P. V. (2003). *Hyvä opettaja*. Sipoo: International Multimedia & Distance Learning Oy Ltd.
- Yulianto, B., Prabowo, H. & Kosala, R. R. (2016). Comparing the effectiveness of digital contents for improving learning outcomes in computer programming for autodidact students. *Journal of E-Learning & Knowledge Society. , Vol. 12 Issue 1*, 93-105. Viitattu 12.12.2016. <http://search.ebsco-host.com/login.aspx?direct=true&db=ehh&AN=112905843&site=ehost-live>

#### Julkaisemattomat lähteet:

- Isolahni, A. & Koski, S. (2015). *Tutkivalla tuottamisella tuotettu opetusmateriaali metalli CNC-jyrsimelle*. Turun yliopisto, Opettajakoulutuslaitos. Kandi-daantutkinto

## LIITTEET

### Liite 1. Summamuuttujien kysymysten väliset alpha arvot

Opetusmateriaali: Visuaalisuus

	K1	K22
K1	1,000	,344
K22	,344	1,000

Opetusmateriaali: Itseohjautuvuus

	K2	K3	K4	K5	K6
K2	1,000	,389	,235	,474	,212
K3	,389	1,000	,297	,256	,440
K4	,235	,297	1,000	,494	,280
K5	,474	,256	,494	1,000	,475
K6	,212	,440	,280	,475	1,000

Jyrsinyksikkö: Peruskäytön ohjeistaminen

	K9	K10	K12	K13	K14
K9	1,000	,137	,227	-,033	,366
K10	,137	1,000	,235	,345	,350
K12	,227	,235	1,000	,814	-,091
K13	-,033	,345	,814	1,000	-,035
K14	,366	,350	-,091	-,035	1,000

Mach3: Peruskäytön ohjeistaminen

	K21	K23	K24
K21	1,000	,541	,577
K23	,541	1,000	,170
K24	,577	,170	1,000

BobCAD: Peruskäytön ohjeistaminen

	K17	K20
K17	1,000	,296
K20	,296	1,000

## Liite 2. Kyselylomake

### Cnc-opetusmateriaalin kyselylomake

Kyselylomakkeen tarkoitus on kerätä tietoa CNC-jyrsimeen tuotetusta opetusmateriaalista ja vastauksia tullaan käyttämään Pro Gradu-tutkielmassa anonyymisti.

CNC-opetusmateriaalin kyselylomake koostuu viidestä osa-alueesta.

- Opetusmateriaali yleisesti
- Jyrsin yksikkö
- Bobcad-piirto-ohjelma
- Mach3-työstöohjelma
- Yleiset ongelmat

Kyselylomakkeessa käytetään Likertin-asteikko, jossa kyselyjen mitta-asteikko pohjautuu seuraavaan arviointiin.

- 1 = Täysin eri mieltä
- 2 = Jotseenkin eri mieltä
- 3 = ei samaa eikä eri mieltä
- 4 = Jotseenkin samaa mieltä
- 5 = Täysin samaa mieltä

Vastaa ympäröimällä vastauksesi vaihtoehto

Esimerkki: Kuinka vastataan mitta-asteikko kysymyksiin

Kysymys?

Täysin eri mieltä 1 2 3 4 5 Täysin samaa mieltä.

Kysely lomakkeessa käytetään myös vapaaseen vastaukseen perustuvia kysymyksiä

Esimerkki: Kuinka vastataan avoimiin kysymyksiin

Kysymys?

Vastaus

## TAUSTATIETOJA

Merkkaa rastilla sopivin vaihtoehto

Olen CNC-jyrsimen käyttäjänä:

- ☐ Tietämätön (en ole käyttänyt konetta aikaisemmin)
- ☐ Aloittelija (saanut perehdytyksen koneelle, mutta en ole tehnyt mitään työtä sillä)
- ☐ Harrastelija (tehnyt koneella työn tai töitä)
- ☐ Kokenut (olen käyttänyt CNC-koneita omissa harrastuksissa tai töissä)

## OPETUSMATERIAALI YLEISESTI

Vastaa ympyröimällä.

1. Opetusmateriaalikuvat ovat selkeät ja havainnollistavat.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

2. Opetusmateriaalin selaus ja navigointi on helppoa ja loogista.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

3. Ohjeistuksen tekninen sanasto oli ymmärrettävästi selitetty.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

4. Materiaalin ohjeistuksen kerronta oli selkeä (selitykset/ohjeistus).

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

5. Opetusmateriaali tuki hyvin CNC-jyrsimellä tapahtunutta itsenäistä työskentelyä.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

6. Opetusmateriaali eteni loogisesti ja johdattelevasti.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

7. Opetusmateriaali ja mallityöt avustivat oman CNC-jyrsimellä tuotetun tuotteen suunnittelussa.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

8. Kiinnostukseni cnc-työstöä kohden lisääntyi opetusmateriaalin avulla.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

A1. Toimiko opetusmateriaali tukena omalle taitotasollesi?

---

---

---



A2. Kuinka innostukseni metalli cnc-jyrsintä kohtaan lisääntyi/vähentyi tutustuttuani opetusmateriaaliin ja miksi?

---

---

---

A3. Parannusehdotukset opetusmateriaaliin ulkoasuun ja käyttöön liittyen?

---

---

---

Mitä opetusmateriaalin osiota käytit tai mihin tutustuit.  
( Ympyröi vaihtoehto/vaihtoehdot )

- |                                   |                        |
|-----------------------------------|------------------------|
| 1. Bobcad perusteet               | 5. Mach3               |
| 2. Harjoitustyö- nimikyltti       | 6. Opastusvideo        |
| 3. Harjoitustyö- kuvan lisääminen | 7. Työstöarvot         |
| 4. Harjoitustyö- sukellusvene     | 8. Yleisimmät ongelmat |
|                                   | 9. Ideagalleria        |

#### SYIL 5XPRO- JYRSIN

Vastaa ympyröimällä.

---

9. Perehdytysvideo on informatiivinen ja hyödyllinen.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

10. Opetusmateriaalin jyrshintä käsittelevä osio on kattava ja antaa tarvittavat tiedot jyrshinnän suorittamiseen.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

11. Opetusmateriaalin jyrshintää käsittelevä osio antaa mielestäsi tarvittavat tiedot koneen turvalliseen käyttöön.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

12. Oikeiden leikkaunopeuksien ohjeistus on toteutettu selkeästi.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

13. Työstöarvojen määrittelymisen kuvat olivat havainnollisia ja selkeitä.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

14. Hallitsen opetusmateriaalin avulla Syil 5xpro-jyrshimen fyysisen käytön (Liukuovet, hätäseis-painikkeet, terän vaihdot, kappaleen kiinnitykset)

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

A4. Jäikö perehdytysvideosta mielestäsi puuttumaan jotain tarpeellista?

---

---

---

#### BOBCAD-PIIRTO-OHJELMA

Vastaa ympyröimällä.

15. Mallitöiden ohjeistusta soveltamalla pystyn suunnittelemaan ja piirtämään omia töitani.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

16. Mallitöissä ohjeistetaan kattavasti ja havainnollistavasti piirtotyökalut ja niiden toiminnot.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

17. Opetusmateriaalissa käydään havainnollistavasti läpi, kuinka piirroksista muodostetaan G-koodi.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

18. Työstöarvojen määrittäminen on havainnollistavaa ja selkeää.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

19. Opetusmateriaali antaa hyvän käsityksen, miten Bobcad piirto-ohjelmaa käytetään.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

20. Hallitsen mielestäni opetusmateriaalin avulla Bobcad piirto-ohjelman.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

A5. Jäikö ohjelman käytöstä jotain epäselvää?

---

---

---

A6. Jäikö Bobcad osa-alueesta mielestäsi, jokin olennainen piirtotyökalu tai työstövaihe huomioimatta

---

---

---

### **MACH3- TYÖSTÖOHJELMA**

Vastaa ympyröimällä.

---

21. Opetusmateriaali antaa hyvän käsityksen mihin Mach3 työstöohjelmaa käytetään.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

22. Mach3 työstöohjelman toiminnot on esitelty havainnollistetusti ja selkeästi.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

23. Opetusmateriaalissa käydään selkeästi vaiheittain mach3 työstöohjelman käyttö.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

24. Hallitsen opetusmateriaalin avulla mach3 työstöohjelman.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

25. Tiedän miten Mach3 työstöohjelma pysäytetään kesken työstämisen.

Täysin eri mieltä. 1.....2.....3.....4.....5 Täysin samaa mieltä.

---

---

A7. Jäikö Mach3 työstöohjelman esittelystä mielestäsi puuttumaan jotain?

---

---

---

## YLEISET ONGELMAT

A8. Onko listalta vaikea löytää nimen perusteella yleinen ongelma?

---

---

---

A9. Voisiko vianetsintää parantaa opetusmateriaalissa jotenkin?

---

---

---

A10. Löytyykö listasta ongelmia, mitä on tullut itselle eteen cnc-koneella työskenneltäessä?

---

---

---

## IDEAGALLERIA

A11. Auttoiko ideagalleria keksimään jysimellä tehtäviä tuotteita?


### Liite 3. Opetusmateriaali ja opastusvideo

Opetusmateriaali:



<https://seafile.utu.fi/f/c42e682022ac48f997e4/>

Opastusvideo:



<https://seafile.utu.fi/f/8f544f33bbc14ae5bbd5/>